Л. Т. Вингрис
Ю. А. Скрин

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОГОЛОСНЫХ ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 407

Л. Т. Вингрис и Ю. А. Скрин

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОГОЛОСНЫХ ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

В брошюре рассмотрены принципы построения схем, приведены практические указания по конструированию многоголосных электромузыкальных инструментов (электроорганов), даны подробные описания разработанных авторами конструкций. Все рассмотренные в брошюре конструкции отличаются простотой и могут быть изготовлены в любительских условиях.

Брошюра рассчитана на радиолюбителей, занимающихся конструированием электромузыкальных инструментов.

СОДЕРЖАНИЕ

6Ф2.7

Вингрис Лаймонис Теодорович и Скрин Юрий Александрович

В48 Любительские конструкции многоголосных электромузыкальных инструментов. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.

72 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 407).

6Ф2.7

Редактор *П. А. Попов* Техн. редактор *М. М. Широкова*

Сдано в набор 22/II 1961 г. Подписано к печати 13/V 1961 г.
Формат бумаги $84 \times 108^1/_{32}$ 3,69 п. л. Уч.-изд. л. 3,7
Т-05934 Тираж 30 000 Цена 15 коп. Зак. 93

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ВВЕДЕНИЕ

Многие из читателей, наверное, слышали величественные звуки орга́на — музыкального духового инструмента, в котором звуки возникают при продувании воздуха через трубы различных размеров и форм.

История органа уходит глубоко в древность. Первые, очень примитивные музыкальные инструменты, напоминающие орган, появились еще в древнем Египте и Месопотамии (IV в. до нашей эры). В середине III в. до нашей эры греческий музыкант Ктесибиус много работал над усовершенствованием музыкальных труб, а один из его учеников написал книгу о духовых музыкальных инструментах и создал музыкальный инструмент «гидравлик», который явился родоначальником современных органов. Название «орган» было дано этому музыкальному инструменту в древнем Риме.

В X в. нашей эры орган был значительно усовершенствован и давал уже возможность получать различные тембры. В следующем веке звучание органа сделали многоголосным. С XV в. клавиатура органа приобрела современный вид, появилась ножная клавиатура, а число труб значительно возросло.

Конструкции органов все время совершенствовались, а с развитием электротехники управление органом стало производиться при помощи электричества.

Современный духовой орган—чрезвычайно сложный по конструкции и большой по размерам инструмент. Он содержит огромное количество узлов и деталей. На рис. 1 показан внешний вид современного органа. В нем около 4 000 труб, три ручные и одна ножная клавиатуры. Самая большая труба имеет длину около 5 *м*, а самая маленькая — около 4 *см*. Каждой клавиатуре соответствуют свои переключатели тембров, расположенные

сбоку и посередине клавиатуры. Огромное количество труб органа вызвано необходимостью иметь для каждого тембра свои отдельные трубы.

В связи с развитием электроники стала возможной постройка органов, работа которых основана на других

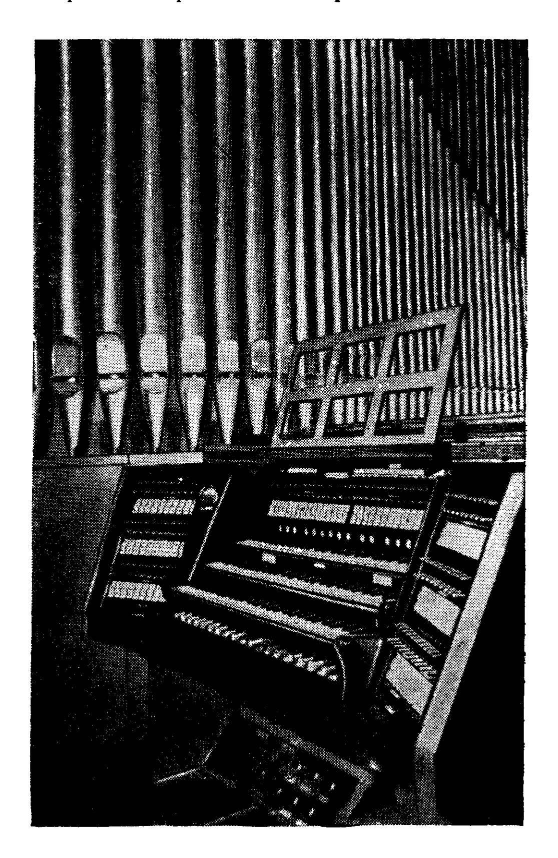


Рис. 1. Орган Латвийского государственного университета (г. Рига).

принципах. В частности, звучанию органа подражают, подводя к громкоговорителю переменное напряжение специальной формы. В таком «электрооргане» в отличие от духовых органов сравнительно легко осуществить управление тембрами.

В наши дни на органе исполняют как классические, так и эстрадные музыкальные произведения. Классические произведения исполняют, как правило, сольно на духовых органах вследствие огромного динамического и частотного диапазонов и больших тембровых возможностей этих инструментов. На электроорганах же чаще всего исполняют эстрадные произведения. При этом электроорган обычно используется совместно с другими музыкальными инструментами.

В развитии электромузыкальных инструментов существуют два направления: создание одноголосных и создание многоголосных конструкций. На одноголосном электромузыкальном инструменте можно одновременно получить только один звук, а на многоголосном — любое количество звуков.

По конструкции и принципу действия одноголосные инструменты значительно проще многоголосных. Однако работа одноголосных инструментов нестабильна, и добиться хороших результатов при постройке таких инструментов в любительских условиях очень трудно. Это объясняется тем, что в одноголосных инструментах в качестве генератора тона обычно применяется один генератор, частоту которого изменяют путем изменения сопротивления. Распределение общего сопротивления генератора тона по разным участкам клавиатуры неодинаково. Вследствие этого настройка и подстройка инструмента под какой-либо аккомпанирующий инструмент сильно усложняется, так как необходимо настраивать каждый полутон отдельно. Применение одной общей ручки настройки инструмента приводит к заметному нарушению музыкального строя.

Другим крупным недостатком одноголосного электромузыкального инструмента является то, что скачкообразное изменение сопротивления при нажатии клавиши вызывает переходные процессы в генераторе, которые прослушиваются в виде неприятных щелчков, борьба с которыми весьма затруднительна. Поэтому одноголосные инструменты не получили широкого распространения, несмотря на их сравнительную простоту.

Многоголосные электромузыкальные инструменты свободны от вышеперечисленных недостатков: их настройка и подстройка осуществляются очень просто. Щелчки, вызываемые нажатием клавиш, не возника-

ют. Многоголосное красивое звучание позволяет использовать такие инструменты как сольные. Все это оправдывает те затраты и труд, которые требуются от радиолюбителя при постройке многоголосных инструментов.

До настоящего времени вопросами конструирования электромузыкальных инструментов занимался лишь очень узкий круг специалистов, а конструкции электромузыкальных инструментов не выходили из стен лабораторий. Несмотря на это, интерес музыкантов и радиолюбителей к электромузыкальным инструментам все время растет, а литературы по этим вопросам очень мало.

Приведенные в брошюре конструкции являются первой попыткой создания простых современных многоголосных электромузыкальных инструментов, доступных для конструирования широкому кругу радиолюбителей. Не следует считать эти конструкции пределом радиолюбительских возможностей. Несомненно, в дальнейшем творческая мысль радиолюбителей найдет новые конструктивные решения, новые идеи по усовершенствованию конструкций электромузыкальных инструментов.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

МУЗЫКАЛЬНЫЙ СТРОЙ И ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Качество звучания того или иного музыкального инструмента человек оценивает на слух. Человеческое ухо, являющееся органом слуха, — прекрасный акустический прибор. Его замечательные свойства проявляются как в величине воспринимаемого диапазона частот (примерно 15—20 000 *гц*), так и в величине диапазона чувствительности. (Отношение максимальной воспринимаемой ухом без боли мощности звука к минимальной, еще воспринимаемой ухом, выражается числом 10^{13}.) Наибольшую чувствительность ухо имеет на частоте около 1 000 *гц*.

Ухо довольно чувствительно и к изменению высоты тона (частоты колебания звуковой волны). Оно способно различать изменение частоты колебания на 0,3%, что соответствует примерно $^1/_{14}$ полутона.

Интересной особенностью человеческого слуха является тот факт, что изменения интенсивности звука (мощности звуковой волны, приходящейся на единицу площади) и ощущаемой громкости находятся в логарифмической зависимости. Например, при изменении интенсивности звука в 100 раз ощущаемая громкость изменится только в 2 раза, при изменении интенсивности в 1 000 раз громкость изменится в 3 раза и т. д.

Звук любого музыкального инструмента состоит из множества колебаний с частотами, кратными основной частоте (обертонов). За основную частоту принимают самую низшую из частот, составляющих звук. Основной частотой определяется высота тона. Диапазон основных частот музыкальных инструментов лежит в пределах 16—8 000 *гц*.

Наличие тех или иных обертонов придает звучанию каждого инструмента его характерные особенности. Например, звук скрипки содержит большое количество обертонов (около 20), а звук флейты почти не содержит их. Для хорошего воспроизведения звучания различных музыкальных инструментов с помощью радиотехнических средств необходимо воспроизводить полосу частот 30—13 000 *гц*.

Необходимо сказать несколько слов и о динамическом диапазоне отдельных музыкальных инструментов и оркестра. Динамическим диапазоном назовем отношение мощности звука при исполнении «фортиссимо» к мощности звука при исполнении «пианиссимо» (фортиссимо — исполнение музыкального произведения с максимальной громкостью, а пианиссимо — с минимальной).

Оказывается, что динамический диапазон даже для человеческой речи достигает 10^6, а для большого оркестра — 10^7. Отсюда ясно, что воспроизвести весь частотный звуковой диапазон музыкального инструмента или оркестра при современном уровне развития радиотехники возможно, но воспроизведение всего динамического диапазона весьма затруднительно.

Музыкальный строй представляет собой ряд звуков, находящихся в определенной частотной зависимости. Звуки музыкального строя образуют музыкальные интервалы. Главный интервал — октава — соответствует отношению частот двух тонов 2 : 1. Помимо главного интервала (октавы), существуют другие интервалы. В пределах октавы имеются следующие интервалы относительно «до» (табл. 1).

Таблица 1

Интервалы	Названия интервалов	Отношения частот	
		диатонического строя	темперированного строя
До — ре	Секунда	9:8 = 1,125	1,123
До — ми	Терция	5:4 = 1,250	1,262
До — фа	Кварта	4:3 = 1,333	1,335
До — соль	Квинта	3:2 = 1,500	1,498
До — ля	Секста	5:3 = 1,667	1,682
До — си	Септима	15:8 = 1,875	1,885
До — до	Октава	2:1 = 2,000	2,000

Строй у разных музыкальных инструментов различен. Это необходимо усвоить, так как многие считают, что все музыкальные инструменты имеют одинаковый строй. Различают две разновидности музыкального строя: диатонический и темперированный. Диатонический строй имеют все духовые и смычковые инструменты, а темперированный — клавишные и почти все щипковые. Диатоническая гамма имеет 7 тонов и 14 полутонов. В темперированной же гамме октава разделена на 12 равных полутонов. Отношение частот интервалов темперированного строя выражается формулой

$$\sqrt[12]{2^n},$$

где n — количество полутонов в интервале.

Осуществлять клавишные инструменты с диатоническим строем нецелесообразно, так как при этом потребовалось бы иметь в каждой октаве клавиатуры 14 «черных» клавиш, что было бы крайне неудобно. Дело в том, что в диатоническом строе повышение тона в отношении $^{25}/_{24}$, обозначаемое знаком «диез», неравноценно понижению следующего тона в отношении $^{24}/_{25}$, обозначаемому знаком «бемоль». Поэтому при диатоническом строе для «до диез» и «ре бемоль», например, потребовались бы отдельные клавиши. В темперированном же музыкальном строе они, как известно, объединены.

Интересно отметить, что в оркестре, где имеются как духовые, так и клавишные инструменты, первые должны как-то приспосабливаться («подтягиваться») ко вторым, иначе они будут звучать фальшиво.

Перейдем к рассмотрению блок-схем многоголосных электромузыкальных инструментов.

Несмотря на большое разнообразие конструкций таких инструментов, почти все они строятся по одному принципу. Может показаться, что наиболее простой конструкцией будет такая, в которой каждая клавиша имеет свой отдельный генератор тона. Однако в этом случае от генератора тона требуется довольно высокая стабильность частоты. Кроме того, подобный инструмент очень сложно настраивать и перестраивать. Такая схема построения многоголосного электромузыкального инструмента в любительских условиях неприменима и поэтому рассматриваться не будет.

Наибольшее распространение как в фабричных, так и в любительских конструкциях получили схемы многоголосных электромузыкальных инструментов с октавным преобразованием частоты. Принцип работы такой схемы заключается в том, что при делении или умножении частоты колебаний в 2 раза высота тона понижается или повышается на одну октаву.

Конструкции с октавным преобразованием частоты имеют небольшое количество стабильных генераторов, которые служат только для синхронизации преобразователей (делителей или умножителей частоты), причем целесообразно применять не умножение, а деление частоты, так как генераторы для высших звуковых частот несколько проще в изготовлении, нежели для низших.

Генераторы, которые мы в дальнейшем будем называть задающими, настраиваются на самые высокие основные частоты инструмента. Очевидно, для каждого из 12 звуков верхней октавы необходимо иметь отдельный задающий генератор и ряд связанных с ним делителей частоты. Особенностью такой схемы является возможность одновременной настройки всех одноименных тонов. Например, при изменении частоты задающего генератора тона «до» верхней октавы одновременно меняются частоты делителей тона «до» всех остальных октав. Отсюда ясно, что настройка такого инструмента сводится только к настройке одних задающих генераторов.

Блок-схема инструмента с октавным преобразованием частоты изображена на рис. 2. Первые делители частоты $Л_7 — Л_{12}$ только преобразуют синусоидальное напряжение, вырабатываемое задающими генераторами, в пилообразное. Каждый из последующих делителей делит частоту напряжения, имеющегося на выходе предыдущего каскада, на два.

При нажатии клавиши напряжение соответствующей частоты подается на общий предварительный усилитель, а с выхода усилителя — на темброблок, где форма кривой напряжения преобразуется соответствующим образом. С выхода темброблока напряжение звуковой частоты поступает на регулятор громкости (обычно выполненный в виде педали), затем на усилитель низкой частоты и с последнего на акустический агрегат. Гене-

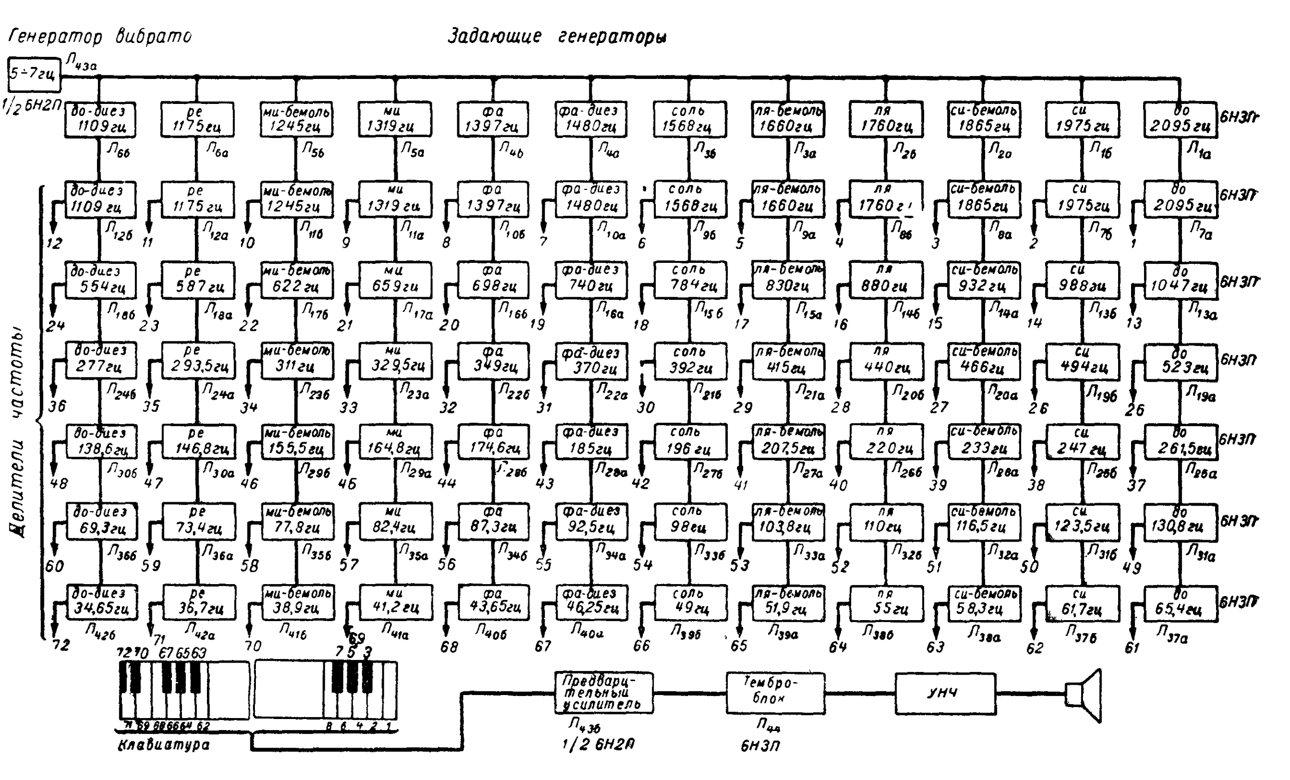


Рис. 2. Блок-схема многоголосного электромузыкального инструмента с 12 задающими генераторами.

ратор вибрато настроен на частоту 5—7 *гц*. Воздействуя одновременно на все задающие генераторы, он периодически меняет их частоты в небольших пределах. Этим достигается более красивое звучание инструмента.

Блок-схема многоголосного электромузыкального инструмента, приведенная на рис. 3, отличается от предыдущей тем, что вместо 12 задающих генераторов здесь имеется только 7. Это оказалось возможным вследствие того, что интервал «квинта» соответствует практически одинаковому отношению частот как в диатоническом, так и в темперированном строе (1,500 и 1,498 соответственно). Благодаря этому возможна синхронизация делителей частоты двух различных тонов, находящихся в интервале «квинта», от одного и того же задающего генератора. Сами же задающие генераторы должны быть настроены на частоты соответствующих тонов, лежащих на октаву выше самой верхней октавы инструмента. В остальном эта блок-схема ничем не отличается от предыдущей.

Применение 7 задающих генераторов вместо 12 сильно облегчает настройку инструмента. Однако следует отметить, что электромузыкальный инструмент, собранный по блок-схеме с 7 задающими генераторами, не должен иметь более 4 октав. При большем числе октав будет заметно нарушение музыкального строя, появляющееся вследствие допущения равенства интервала «квинта» темперированного и диатонического строя. Схему с 7 задающими генераторами рекомендуется применять для малогабаритных переносных электромузыкальных инструментов.

Для постройки многоголосного электромузыкального инструмента по любой из приведенных блок-схем требуется значительное количество радиоламп. Так, например, инструмент на 4 октавы, собранный по схеме с 12 задающими генераторами, должен иметь 32—33 двойных триода, не считая ламп усилителя низкой частоты.

Можно ли построить многоголосный электромузыкальной инструмент, используя значительно меньшее количество радиоламп? В принципе это, конечно, возможно, но практически это осуществить трудно. Предположим, что число одновременно нажатых клавиш не будет более 10. Тогда потребуется только 10 генераторов тона, частоты которых должны определяться величина-

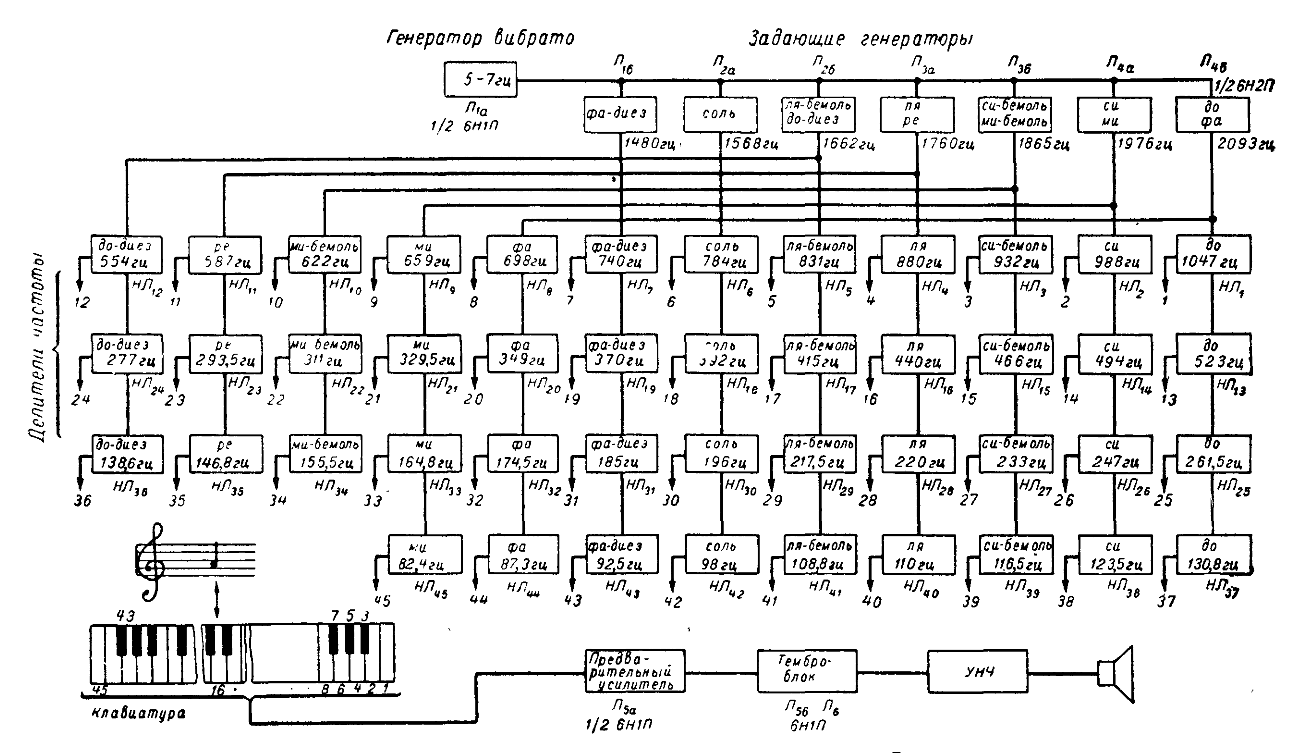


Рис. 3. Блок-схема многоголосного электромузыкального инструмента с 7 задающими генераторами.

ми сопротивлений, включаемых при нажатии клавиш в соответствующие цепи генераторов. Такой инструмент должен иметь сложную систему контактов, включаемых нажатием клавиш. Необходимым условием удовлетворительной его работы является высокая стабильность величин сопротивлений, включаемых в цепи генераторов. Наличие же большого количества последовательно включенных контактов сильно снижает надежность работы инструмента.

Попытки авторов создать такой инструмент не увенчались успехом, и поэтому приведенные выше блок-схемы хотя и включают большое количество радиоламп и деталей, представляют собой единственный путь к получению хороших результатов в любительских условиях.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЗАДАЮЩИЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Первым основным узлом многоголосного электромузыкального инструмента являются задающие генераторы низкой частоты. От стабильности их частоты зависит стабильность работы электромузыкального инструмента в целом. Существует много разных схем генераторов низкой частоты с самовозбуждением. Наиболее стабильными являются генераторы синусоидального напряжения, которые и используются в многоголосных электромузыкальных инструментах. Для задающих генераторов целесообразно применять двойные триоды (6Н1П, 6Н2П, 6Н3П, 6Н4П, 6Н15П, 6Н8С, 6Н9С).

Для любительских электромузыкальных инструментов необходимо применять лишь те схемы генераторов, которые просты в изготовлении, налаживании и вместе с тем имеют минимальное количество деталей. Для этого можно рекомендовать *RC*-генераторы и *LC*-генераторы, схемы которых приведены на рис. 4.

На рис. 4,*а* показана распространенная схема *RC*-генератора с фазовращающими ячейками. Необходимый сдвиг фаз для обеспечения условия самовозбуждения создается при помощи ячеек из сопротивлений и конденсаторов. Для надежной работы такого генератора

следует брать не менее четырех ячеек. Плавное изменение частоты генератора в некоторых пределах осуществляется при помощи сопротивления R. Величины всех конденсаторов и сопротивлений схемы (кроме R) могут быть одинаковыми для всех задающих генераторов инструмента.

Для настройки и подстройки инструмента необходимо, как правило, менять частоты задающих генерато-

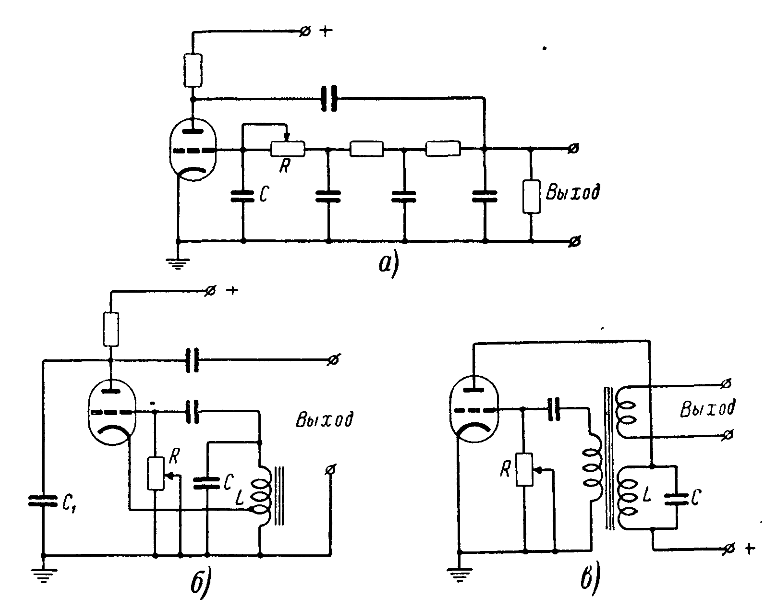


Рис. 4. Схемы задающих генераторов.

а — генератор *RC*; *б* — генератор *LC* с автотрансформаторной обратной связью; *в* — генератор *LC* с трансформаторной обратной связью.

ров только в пределах одного тона. Поэтому вместо одного сопротивления R целесообразно включить в схему небольшое переменное сопротивление (порядка 25 *ком*) и последовательно с ним постоянное сопротивление, величина которого подбирается при первоначальном налаживании так, чтобы необходимая частота генерации была получена при среднем положении движка переменного сопротивления.

Генератор, собранный по такой схеме, работает стабильно, а величины входящих в схему емкостей и со-

противлений мало критичны. Величина выходного напряжения генератора — около 30 *в*. Так как генератор имеет высокоомный выход, то от него можно синхронизировать делители частоты только на неоновых лампах и подобные им. Недостатком схемы следует считать сравнительно большое число деталей.

Генераторы *LC* имеют меньше деталей и занимают меньше места. На рис. 4,*б* показана схема *LC*-генератора с автотрансформаторной обратной связью. Катушка контура *L* имеет отвод от $^1/_3$ обмотки, считая от заземленного конца. Частота колебаний генератора устанавливается при налаживании подбором емкости конденсатора *C*. Для более точной подстройки частоты служит переменное сопротивление *R*, которое целесообразно выполнить в виде последовательно соединенных постоянного и переменного сопротивлений. Синхронизирующее напряжение (порядка 30—40 *в*) снимается с анода лампы. Выход генератора — высокоомный. Конденсатор C_1 необходим для создания условий самовозбуждения генератора.

Еще одна схема задающего *LC*-генератора, но не с автотрансформатором, а с трансформатором приведена на рис. 4,*в*.

Изготовление катушек для *LC*-генераторов не представляет особого труда, так как генераторы настраиваются на самые верхние основные частоты инструмента (обычно не ниже 1 000 *гц*). Поэтому размеры катушек и сердечников невелики. Контурные катушки генераторов необходимо экранировать друг от друга для устранения взаимной связи. Кроме того, катушки не следует помещать в непосредственной близости от сильно нагревающихся деталей.

Питание анодных цепей генераторов желательно осуществлять от стабилизированных источников питания. При работе сердечников катушек контуров в области насыщения может наблюдаться искажение формы кривой выходного напряжения, что, однако, незначительно снижает стабильность работы генератора.

Опыты по исследованию стабильности частоты генераторов рассмотренных схем показали, что их стабильность вполне достаточна для использования в качестве задающих генераторов в многоголосных электромузыкальных инструментах.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ДЕЛИТЕЛИ ЧАСТОТЫ

Вторым основным узлом электромузыкального инструмента являются делители частоты, каждый из которых служит для октавного преобразования частоты, т. е. для получения на выходе делителя колебаний, имеющих в 2 раза меньшую частоту по сравнению с частотой на входе.

Делители частоты, применяемые в электромузыкальных инструментах, можно разбить на две основные группы: делители с возбужденным генератором (активные) и делители с преобразованием формы подводимого переменного напряжения (пассивные).

К первой группе можно отнести мультивибраторы, блокинг-генераторы и релаксационные генераторы на неоновых лампах. Все они являются генераторами несинусоидальных колебаний. Деление частоты с помощью этих устройств основано на способности перечисленных генераторов легко синхронизироваться другим посторонним источником периодических электрических колебаний любой формы, если только частоты синхронизируемого и синхронизирующего генераторов приблизительно равны или находятся в кратном отношении.

Делители частоты, относящиеся ко второй группе, не являются генераторами электрических колебаний. Получение переменного напряжения на выходе таких делителей возможно лишь при наличии переменного напряжения на их входе. Изменение частоты входного напряжения будет вызывать соответствующее изменение частоты напряжения на выходе.

Применение мультивибраторов может быть оправдано только в одноголосных электромузыкальных инструментах. В многоголосных инструментах применять мультивибраторы нецелесообразно, так как при этом потребуются два триода для каждого делителя частоты.

В любительских конструкциях многоголосных электромузыкальных инструментов в качестве делителя частоты можно с успехом использовать блокинг-генератор, схема которого проста и содержит мало деталей (рис. 5,*а*).

Напомним принцип его работы. Предположим, что соединенная с управляющей сеткой лампы обкладка

конденсатора C заряжена отрицательно по отношению к катоду, в результате чего лампа заперта. Конденсатор разряжается через сопротивление R, и лампа остается запертой до тех пор, пока напряжение на ее сетке не достигнет потенциала отпирания лампы. В этот момент через анодную обмотку I трансформатора начнет проходить ток, что вызовет появление положительного напряжения на сеточной обмотке II, которое уменьшит отрицательное напряжение на сетке лампы. Это в свою

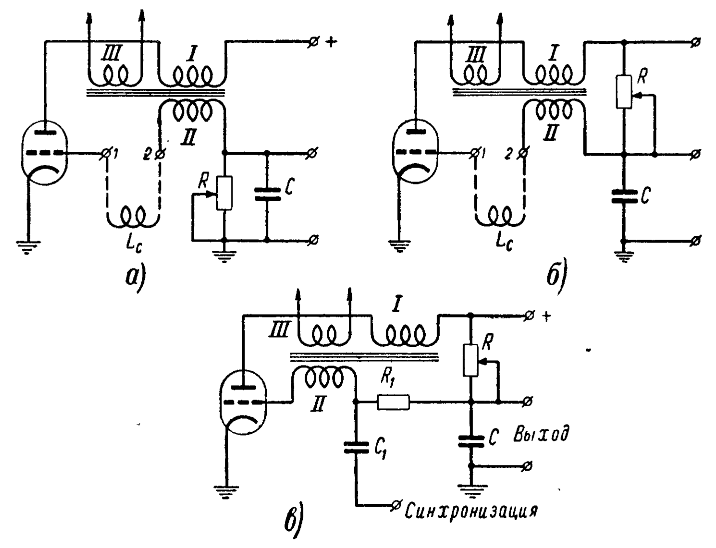


Рис. 5. Схемы блокинг-генераторов.

очередь вызовет еще более резкое увеличение анодного тока. Процесс происходит лавинообразно до тех пор, пока анодный ток не достигнет предельного значения (определяемого типом лампы), что произойдет уже при положительном потенциале на сетке. В это время конденсатор C заряжается за счет сеточного тока лампы. Вследствие прекращения роста анодного тока напряжение на сетке лампы резко уменьшится, что приведет к уменьшению ее анодного тока и к появлению на зажимах сеточной обмотки II индуктированного напряжения, приложенного «минусом» к управляющей сетке. Начнется лавинообразный процесс запирания лампы, и схема вернется в начальное состояние.

Отпирание и запирание лампы происходят очень быстро и занимают лишь малую часть общего цикла работы блокинг-генератора. Большую же часть времени лампа заперта. Следовательно, лампа работает в очень экономичном режиме и потребляет малый ток. Например, лампа 6Н1П при анодном напряжении 250 *в* потребляет ток 0,2—1,5 *ма*.

С конденсатора C можно снимать пилообразное напряжение. Частота генерируемых колебаний определяется произведением RC. Изменяя любую из этих величин, можно менять частоту генерации.

Сопротивление R можно включить и по другой схеме, показанной на рис. 5,*б*. В этом случае заряд конденсатора C будет происходить интенсивнее, что позволит получить более линейное пилообразное напряжение.

Синхронизирующие импульсы положительной полярности подаются в разрыв сеточной цепи (точки *1* и *2*) с отдельной обмотки трансформатора задающего генератора.

Синхронизация блокинг-генератора может быть осуществлена и по другой схеме (рис. 5,*в*). Синхронизирующее напряжение с анода лампы задающего генератора через конденсатор C_1 поступает в сеточную цепь лампы делителя частоты. Величина сопротивления R_1 определяет амплитуду синхронизирующего напряжения.

При наличии синхронизации отпирание лампы всегда будет происходить в момент поступления синхронизирующего импульса на управляющую сетку. В зависимости от выбора постоянной времени цепи разряда $\tau=RC$ отпирание триода может происходить либо от каждого очередного, либо от каждого второго, третьего и т. д. импульсов.

Третья обмотка *III* трансформатора блокинг-генератора служит для подачи синхронизирующих импульсов на следующий каскад деления частоты.

Сердечник трансформатора блокинг-генератора может быть незамкнутым, что значительно упрощает конструкцию. Он собирается из тонких (0,35 *мм*) пластин 5×15 *мм* трансформаторной стали (толщина пакета 5 *мм*). Все обмотки наматываются на сердечник без каркаса внавал проводом ПЭЛ 0,15. Сначала наматывают обмотку *II* (200 витков), затем обмотку *I* (200 витков), а поверх них обмотку *III* (35 витков). Выводы от

обмоток делают проводом ПЭЛ 0,6 и закрепляют их нитками. Для лучшего укрепления обмоток на сердечнике намотанный трансформатор следует пропитать битумом, парафином или лаком. Такие трансформаторы, при достаточной жесткости выводов, можно впаивать в схемы подобно конденсаторам или сопротивлениям. Размеры сердечника и числа витков обмоток могут быть несколько изменены. При указанных выше данных трансформатора можно получить частоту генерации блокинг-генератора в пределах всего звукового диапазона.

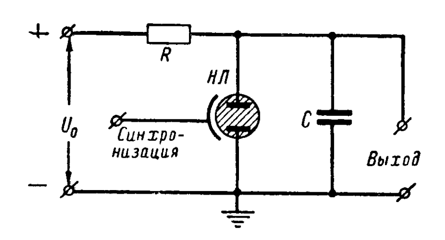


Рис. 6. Схема делителя частоты на неоновой лампе

Другим типом делителя частоты первой группы является релаксационный генератор пилообразного напряжения на неоновой лампе (рис. 6).

Этот генератор работает следующим образом. При включении питающего напряжения U_0 происходит заряд конденсатора C через сопротивление R. Напряжение на конденсаторе и, следовательно, на неоновой лампе *НЛ* постепенно возрастает. Пока оно остается ниже потенциала зажигания $U_з$, неоновая лампа тока не проводит. При достижении напряжения зажигания лампа вспыхивает, ее сопротивление резко падает и конденсатор C очень быстро разряжается через нее до напряжения, равного напряжению потухания лампы $U_п$. При этом лампа гаснет, конденсатор C вновь начинает заряжаться и процесс повторяется.

Частота колебаний генератора зависит от величины питающего напряжения, напряжений зажигания и потухания и произведения RC. Однако генерация возникает не при любых значениях R и C. Если сопротивление R мало, а емкость C велика, то напряжение на

конденсаторе C не будет падать до величины $U_п$ и колебания не возникнут. При очень большом значении сопротивления R и малой емкости C мощность генератора становится небольшой и подключение даже незначительной нагрузки вызывает срыв колебаний.

Частоту колебаний генератора можно определить по формуле

$$f \approx \frac{1}{RC \ln \frac{U_0 - U_п}{U_0 - U_з}},$$

где U_0 — напряжение источника питания, *в*;
$U_з$ — напряжение зажигания лампы, *в*;
$U_п$ — напряжение потухания, *в*;
R — сопротивление, *ом*;
C — емкость, *ф*;
f — частота, *гц*.

При расчете удобно пользоваться графиком (рис. 7), который по отношению $\frac{U_0 - U_п}{U_0 - U_з}$ позволяет найти значение натурального логарифма этого отношения.

Для получения большей амплитуды выходного напряжения следует применять неоновые лампы с наибольшей разностью между напряжениями зажигания и потухания.

Частота колебаний релаксационного генератора на неоновой лампе сильно зависит также и от многих внешних факторов: окружающей температуры, влажности, освещенности неоновой лампы посторонним источником света и т. п. Поэтому при использовании таких генераторов в электромузыкальных инструментах их необходимо синхронизировать. Синхронизация осуществляется с помощью третьего, внешнего, электрода, который выполняется в виде приклеенного к баллону лампы станиолевого пояска или в виде нескольких витков провода, обмотанных вокруг стеклянного баллона лампы. На этот электрод подается синхронизирующее напряжение. Число витков третьего электрода практически не влияет на качество синхронизации. Такой способ синхронизации возможен только для ламп, в которых внут-

ренние электроды не закрывают друг друга (например, для лампы типа МН-6).

При использовании в делителях частоты неоновых ламп с закрытыми электродами (например, типа МН-3 или МН-5) приходится применять другие способы синхронизации. На рис. 8 показана схема релаксационного генератора с двумя такими неоновыми лампами. Такой делитель частоты хорошо синхронизируется и работает стабильнее, нежели делитель частоты с одной неоновой

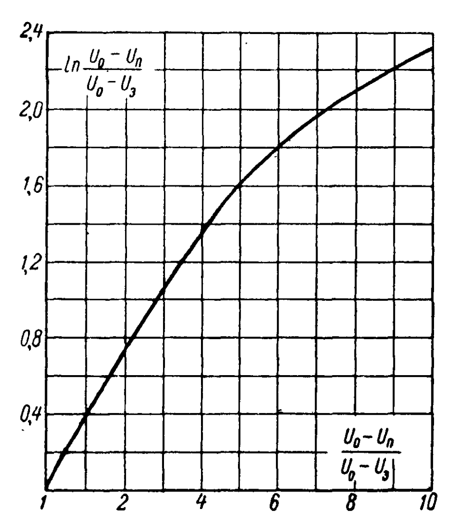


Рис. 7. Расчетная кривая для определения частоты релаксационного генератора.

лампой, но он требует дополнительной лампы и более высокого напряжения питания.

Неоновые лампы при использовании их в схемах делителей должны обязательно пройти процесс формовки, заключающийся в том, что лампу через сопротивление 1 200 *ом* включают в сеть переменного тока напряжением 220 *в* (или через 500 *ом* в сеть напряжением 127 *в*) на 2—3 *сек*. Этим достигается искусственное старение неоновой лампы, и в дальнейшем при эксплуатации ее параметры меняются незначительно.

Частота колебаний генератора на неоновой лампе зависит и от изменений напряжения питания, которое

поэтому необходимо стабилизировать. Для этой цели может быть использована схема со стабилитронами (например, типов СГ3С, СГ4С, СГ1П, СГ2П).

Заканчивая обзор делителей частоты первой группы, следует указать, что деление частоты возможно только в том случае, если частота колебаний делителя (будь то блокинг-генератор или релаксационный генератор на неоновой лампе) будет ниже частоты синхронизирующего напряжения. Это значит, что при необходимости деления частоты на 2 период собственных колебаний делителя частоты должен быть немного

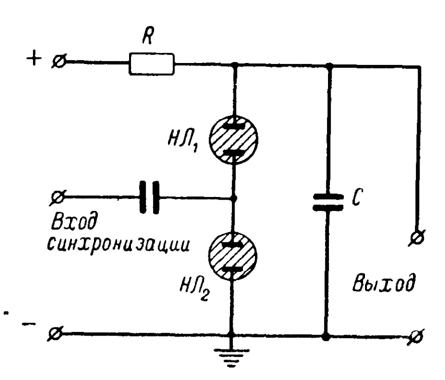


Рис. 8. Схема делителя частоты с двумя неоновыми лампами.

больше удвоенного периода колебаний синхронизирующего источника, при делении на 3—немного больше утроенного периода колебаний синхронизирующего источника и т. д.

Другими словами, действие синхронизации можно рассматривать как «подтягивание» частоты делителя к $^1/_2$, $^1/_3$ и т. д. частоты синхронизирующего источника. При небольшом увеличении или уменьшении частоты синхронизации частота синхронизируемого делителя будет также меняться в некоторых пределах, а при более значительных изменениях частоты синхронизации делитель переходит на другой коэффициент деления. Возможно деление и в дробное число раз. В этом случае в электромузыкальном инструменте будет прослушиваться дребезжащий звук.

Следовательно, устойчивое деление может происхо-

дить в некотором определенном интервале частот, который определяется типом делителя частоты и способом синхронизации.

Наибольшей стабильностью делитель частоты обладает при определенном соотношении между частотой синхронизирующего напряжения и собственной частотой делителя и, кроме того, между амплитудами синхронизирующего напряжения и переменного напряжения на сетке лампы делителя (или на электродах неоновой лампы). Эти отношения при коэффициенте деления 2 соответственно равны 2,6 и 0,48, а при коэффициенте деления 3 — соответственно 3,6 и 0,31.

Наивыгоднейший режим работы делителей частоты подбирают следующим образом. Сначала устанавливают собственную частоту колебаний делителя без синхронизации (при вынутой лампе задающего генератора или предыдущего делителя частоты) в 2,6 раза ниже частоты синхронизирующего напряжения (при делении на 2). При наличии звукового генератора и осциллоскопа настройка осуществляется по фигурам Лиссажу. Если же нет этих приборов, то настройку можно осуществить на слух, используя какой-либо другой правильно настроенный музыкальный инструмент. Каждый делитель частоты настраивается на частоту, лежащую ниже требуемой на интервал от терции до кварты. Например, делитель частоты, соответствующий тону «до», настраивается на тон, находящийся между «соль» и «ля бемоль»; делитель тона «ре» — на тон между «ля» и «си бемоль» и т. д.

После того как делители частоты настроены, необходимо включить синхронизирующее напряжение и подобрать его амплитуду. Так как деление с заданной кратностью возможно при изменении синхронизирующего напряжения в некоторых пределах, необходимо найти верхнюю и нижнюю границы этого интервала. Наивыгоднейшая величина синхронизирующего напряжения примерно равна средней арифметической его граничных значений.

При делении на 3 собственная частота делителя выбирается ниже требуемой на интервал, несколько больший полутона, а наивыгоднейшая величина синхронизирующего напряжения подбирается таким же образом, как и при делении на 2.

К делителям частоты второй группы можно отнест[и] устройство, схема которого изображена на рис. 9. Та[-]кая схема позволяет осуществить деление частоты н[е] более чем в 2 раза, что, однако, и требуется для октав[-]ного деления частоты в электромузыкальном инстру[-]менте.

Рассмотрим принцип действия этого делителя. Пр[и] отсутствии обратной связи (сопротивление R_3 не подклю[-]чено) делитель преобразует входное напряжение любо[й] формы в пилообразное напряжение той же частоты. Эт[о] происходит следующим образом.

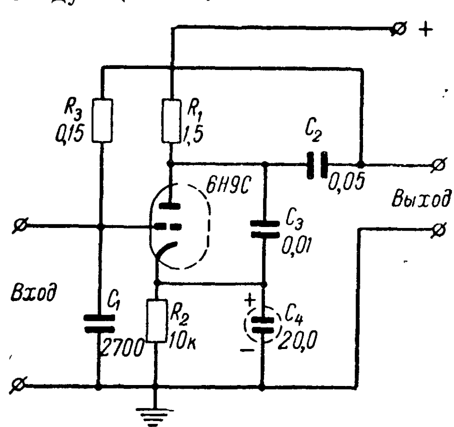


Рис. 9. Схема невозбужденного делителя частоты.

При подаче на сетку лампы переменного напряже[-]ния с достаточной амплитудой конденсатор C_1 заря[-]жается сеточным током лампы до напряжения ее запи[-]рания. При запертой лампе конденсатор C_3 заряжаетс[я] через сопротивление R_1. Режим лампы выбирается так[,] что при положительных полупериодах напряжения н[а] сетке лампа кратковременно отпирается и конденсато[р] C_3 быстро разряжается через нее. С анода лампы мож[-]но снимать пилообразное напряжение.

Когда цепь обратной связи включена, пилообраз[-]ное напряжение с анода лампы подается через сопро[-]тивление R_3 на сетку в такой фазе, что лампа може[т] быть теперь отперта только каждым вторым положи[-]тельным полупериодом переменного напряжения на сет[-]ке. В этом случае конденсатор C_3 будет заряжаться д[о]

более высокого напряжения, так как лампа более длительное время находится в запертом состоянии. Следовательно, с анода лампы можно снимать пилообразное напряжение с частотой в 2 раза ниже частоты переменного напряжения на входе.

Достоинством этого делителя частоты являются устойчивая работа его в довольно широком диапазоне частот и невозможность скачкообразного перехода на другой коэффициент деления. При значительных изменениях частоты синхронизирующего напряжения деление просто не будет происходить. К недостаткам этого делителя следует отнести наличие большого числа деталей и большую трудность при налаживании.

Применение таких делителей можно рекомендовать только подготовленному радиолюбителю, имеющему осциллоскоп и авометр. При указанных величинах элементов схемы деление частоты происходит при подаче на вход напряжения, равного 20 *в*, с частотой 3—4 *кгц*. Детали схемы, кроме R_1, C_4, C_2, подбираются в каждом отдельном случае в зависимости от частоты напряжения на входе. Сопротивление R_2 может быть общим для всех делителей и подбирается опытным путем.

В заключение необходимо отметить, что делители частоты являются наиболее «трудным» узлом многоголосного электромузыкального инструмента, так как этот узел содержит большое количество радиодеталей и требует много труда для его изготовления и налаживания, Поэтому, приступая к сборке делителей частоты, необходимо иметь ясное представление об их работе и методике их налаживания.

Для радиолюбителей весьма «заманчивыми» являются делители частоты на неоновых лампах вследствие их малой стоимости, размеров, незначительного потребления тока и, наконец, отсутствия цепей накала. Однако работа делителей частоты на неоновых лампах менее стабильна, нежели на электронных лампах.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМБРАМИ

Третьим основным узлом многоголосного электромузыкального инструмента является тембноблок. Как было сказано выше, содержание тех или иных оберто-

нов в звуке придает характерные особенности звучанию музыкального инструмента. Однако содержание обертонов в звуке еще не полностью характеризует «окраску» звука. Оказывается, что наиболее приятным для человеческого слуха является звук, неустановившийся по амплитуде и частоте.

Это можно подтвердить многочисленными примерами. Так, красивый звук гавайской гитары заметно меняется по амплитуде и частоте. При игре на смычковых инструментах периодическое изменение высоты тона (вибрато) существенно оживляет звук и делает его более приятным. Самым красивым считается звучание человеческого голоса. Это неудивительно, так как в этом случае происходят изменения высоты тона, громкости и содержания обертонов одновременно.

Интересно отметить, что звук установившегося синусоидального колебания (например, свист радиоприемника) очень неприятен для слуха, так как в нем отсутствуют все вышеперечисленные особенности, создающие приятную окраску звука. Следовательно, при конструировании электромузыкального инструмента необходимо соблюдать все условия, позволяющие получить красивое звучание.

Существуют два способа создания тембра: гармонический и формантный. При образовании тембров гармоническим способом в звуке происходит изменение количественного соотношения обертонов, одинаковых для всего звукового диапазона; например, происходит усиление или ослабление второй и третьей гармоник всех звуков. Гармонический способ из-за его сложности трудно применять в радиолюбительских конструкциях многоголосных электромузыкальных инструментов. Поэтому подробнее рассматривать его мы не будем.

Наиболее приемлемым является формантный способ. Формантой обычного музыкального инструмента называется частота его акустического резонанса. Если бы инструмент издавал чисто синусоидальные колебания, то наличие акустического резонанса корпуса инструмента не оказывало бы влияния на тембр звука. При изменении высоты тона изменялась бы только громкость звука соответственно характеру кривой резонанса.

В действительности звук музыкального инструмента является сложным колебанием. Поэтому для любого звука возможно совпадение частоты какого-либо обертона с частотой акустического резонанса инструмента. В результате этот обертон значительно усиливается. Частота усиленного обертона для звуков разной высоты одна и та же (она равна резонансной частоте инструмента). Но чем ниже от резонансной частоты находится звук, тем более высокий обертон его будет усилен. Вследствие того что резонансная кривая инструмента тупая, усиливается обертон не одной определенной частоты, а множество обертонов в некоторой полосе частот. Такое явление характерно для всех обычных музыкальных инструментов. Некоторые инструменты (рояль) могут иметь несколько формант.

В электромузыкальном инструменте также имеются свои форманты. Это — резонансы акустического агрегата и подвижных систем громкоговорителей. Они существуют, помимо нашей воли, во всех случаях, и управлять ими довольно сложно.

Гораздо удобнее управлять тембрами с помощью отдельных электрических формантных цепей, которые можно подбирать по желанию. Для получения разных тембров необходимо иметь форманты в различных участках звукового диапазона. Имитация звучания какого-либо музыкального инструмента получается, если подобрать резонансную кривую формантной цепи одинаковую с резонансной кривой этого инструмента. Кроме того, необходимо соблюдать характерный состав обертонов в звуке данного инструмента.

Формантным способом наиболее просто удается имитировать звучание деревянных духовых инструментов. Однако не следует увлекаться только имитацией звучания обычных музыкальных инструментов, так как, во-первых, полная имитация невозможна и, во-вторых, электромузыкальный инструмент дает возможность получать совершенно новые тембры, не характерные для обычных музыкальных инструментов. Поэтому конструктору электромузыкального инструмента следует обратить особое внимание на темброблок и использовать все возможности, которыми он располагает, для поисков новых разнообразных звучаний.

Наиболее простым и эффективным средством управления тембрами являются цепи *LC* и *RC*. На рис. 10 изображены некоторые из них.

Цепь с резонансным контуром (рис. 10,*а*) дает возможность получить какую-либо форманту. Для получения более явно выраженной форманты добротность контура следует брать достаточно большой. Сопротивление *R* необходимо для уменьшения шунтирующего действия лампы предварительного усилителя. При малом сопротивлении *R* острота резонансной кривой может оказаться недостаточной. Для сердечника катушки контура

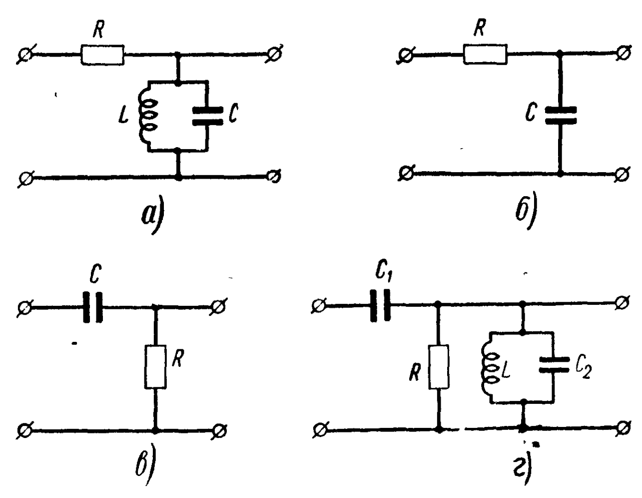


Рис. 10. Цепи управления тембрами.

желательно применять пермаллой. С целью устранения наводок катушку сердечника необходимо экранировать.

Цепь, изображенная на рис. 10,*б*, подавляет высокие частоты и делает звучание электромузыкального инструмента более мягким. Следующая цепь (рис. 10,*в*) ослабляет низкие частоты, в результате чего звучание инструмента делается более резким. Все эти цепи могут быть использованы самостоятельно и в различных комбинациях (рис. 10,*г*). Применение даже таких простых цепей дает хорошие результаты.

Для более эффективного действия формантной цепи рекомендуется перед формантным контуром включать цепь RC. Для получения сложных тембров можно со-

единить несколько формантных контуров последовательно. Здесь открывается широкое поле деятельности для радиолюбителя-конструктора в получении различных тембров при помощи комбинаций вышеуказанных цепей или каких-либо других, более сложных.

Все рассмотренные элементы темброблока являются линейными цепями. Это является обязательным условием при применении их в темброблоке многоголосного электромузыкального инструмента.

В многоголосных электромузыкальных инструментах нельзя изменять тембр искажением формы кривой напряжения при помощи нелинейных цепей, так как в этом случае при одновременном звучании нескольких тонов будут возникать неприятные для слуха искажения.

Характер возникновения и затухания звука у различных музыкальных инструментов неодинаков. Для лучшей имитации звучания различных музыкальных инструментов и устранения неприятных щелчков, возникающих при замыкании клавишных контактов, в одноголосных электромузыкальных инструментах применяют специальные каскады «мягкой атаки» или каскады двухтактного усиления. Однако они полностью не устраняют щелчков при игре легато, т. е. при плавном переходе с одной нажатой клавиши на другую.

В многоголосных электромузыкальных инструментах нажатием клавиши замыкается цепь переменного тока и переходные процессы практически не возникают, т. е. щелчков не будет слышно. Следовательно, никаких специальных устройств для устранения щелчков здесь не требуется. Для управления характером нарастания и затухания звука в многоголосных электромузыкальных инструментах можно применить устройство, схема которого изображена на рис. 11. Этот каскад является одновременно и предварительным усилителем низкой частоты.

Значение емкости C_1 и сопротивления R_2 определяют постоянную времени «атаки» (возникновения) звука, а емкости C_2 и сопротивления R_5 — время затухания звука. Изменяя эти величины, можно получать различные оттенки звука.

Переключатель *П* на рис. 11 показан в положении, когда ни одна клавиша не нажата. В этом случае на

сопротивлениях R_2 и R_3 создается падение напряжения. запирающее лампу. При нажатии одной или нескольких клавишей переключатель $П$ переходит в левое (по схеме) положение. Вследствие того что емкость конденсатора C_2 велика, в начальный момент времени это его переключение равносильно замыканию накоротко сопротивления R_3. Конденсатор C_1 быстро разряжается до величины нормального напряжения смещения лампы, соответствующего падению напряжения на сопротивлении R_2. После этого начинается медленный заряд конденсатора C_2 через сопротивления R_5 и R_2. Отрицатель-

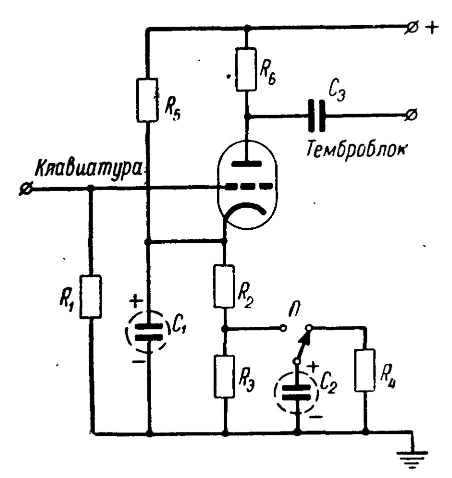


Рис. 11. Схема каскада управления затуханием звука.

ное смещение на сетке лампы постепенно возрастает, и рабочая точка перемещается по нижнему изгибу характеристики лампы. Вследствие медленного уменьшения крутизны лампы усиление каскада постепенно падает до нуля. Так как амплитуда переменного напряжения на сетке лампы невелика, работа на нелинейном участке характеристики не приводит к заметным нелинейным искажениям.

Недостатком этого устройства следует считать то обстоятельство, что при нажатой клавише после затухания звука нажатие других клавишей не вызывает появления звука, так как конденсатор C_2 заряжен и лампа заперта. Поэтому необходимо сначала отпустить все

клавиши и затем нажать снова. При затухании звука, когда одна или несколько клавишей уже нажаты, нажатие других клавишей вызывает появление звуков с громкостью, равной громкости звучания тонов уже нажатых клавишей. Этот недостаток хотя и ограничивает возможности исполнителя, не препятствует успешному применению описанной схемы.

В однополосных электромузыкальных инструментах для управления возникновением и затуханием звука применяют дополнительные контакты под каждой клавишей. Эти дополнительные контакты всех клавишей со-

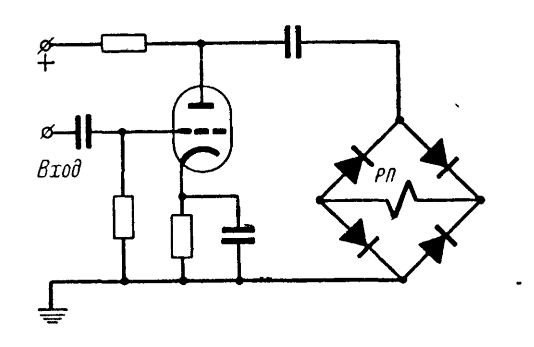


Рис. 12. Схема электронного реле.

единены параллельно, и нажатие любой клавиши включает каскад «мягкой атаки». Однако в любительских условиях изготовить такую сложную систему контактов довольно трудно. Поэтому целесообразно применить электронное реле, заменяющее все дополнительные контакты.

Электронное реле (рис. 12) работает следующим образом. При нажатии клавиши пилообразное напряжение от одного из делителей частоты поступает на сетку лампы. Переменная составляющая анодного тока выпрямляется и подается на обмотку реле *РП*, заставляя его срабатывать. Рекомендуется применять поляризованное реле вследствие его высокой чувствительности, быстроты срабатывания и бесшумной работы. Реле необходимо отрегулировать только на одно устойчивое положение подвижной системы.

Возможно применение и других типов реле с достаточно высокой чувствительностью. Ток срабатывания реле не должен превышать 3—4 *ма.*

Для получения вибрирующего звука (вибрато) в электромузыкальных инструментах применяют несколько способов: частотный, унисонный и фазовый. Наилучшим из них является унисонное вибрато. Оно получается при одновременном звучании двух тонов, частоты которых различаются на несколько герц. В любительских условиях унисонное и фазовое вибрато осуществить трудно.

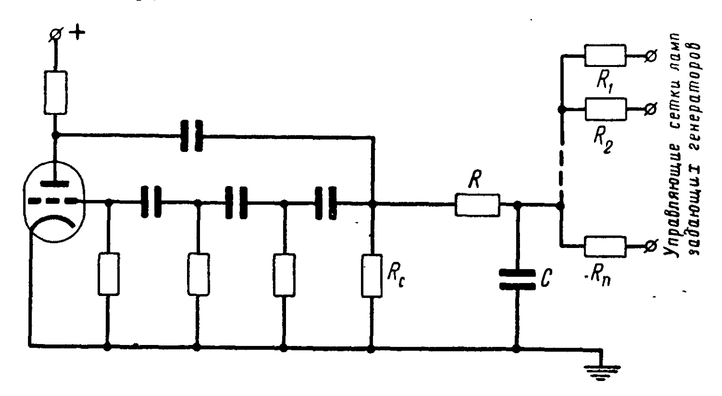


Рис. 13. Схема генератора вибрато.

Частотное вибрато осуществляется периодическим изменением высоты тона. По своим акустическим качествам оно мало уступает унисонному, превосходя последнее в простоте устройства и легкости регулировки. Поэтому в любительских конструкциях применяется только частотное вибрато.

На рис. 13 приведена схема генератора для создания частотного вибрато. Генератор вибрато представляет собой *RC*-генератор с фазовращающими ячейками. Для устойчивой работы генератора необходимо применить не менее четырех фазовращающих ячеек. Частота генератора выбирается в пределах 5—7 *гц*. При такой частоте генератора «вибрато» получается наиболее выразительным.

Действие частотного вибрато можно объяснить следующим образом. Переменное напряжение от генера-

тора вибрато, поступая на управляющие сетки ламп задающих генераторов, периодически перемещает рабочие точки ламп по характеристике. Это вызывает изменение параметров ламп и «качание» частоты задающих генераторов (а, следовательно, и всех делителей частоты) в небольших пределах.

Конденсатор C выполняет две функции: во-первых, он совместно с сопротивлением R образует делитель переменного напряжения генератора вибрато (величина снимаемого напряжения подбирается изменением величины сопротивления R), а, во-вторых, он же совместно с высокоомными сопротивлениями $R_1 \ldots R_n$ образует фильтр развязки, устраняющий взаимное влияние задающих генераторов. Для генератора вибрато может быть использован любой триод или пентод.

Форма кривой напряжения генератора вибрато близка к синусоидальной. Это является одним из условий получения хорошего вибрато. Применение генератора LC вместо RC-генератора при такой низкой частоте нецелесообразно, так как для контура LC-генератора потребуются большая индуктивность и емкость.

В литературе иногда приводятся схемы генераторов вибрато на неоновых лампах, которые рекомендуются как наиболее простые. В действительности это совсем не так, ибо генератор на неоновой лампе дает пилообразное напряжение, непригодное для вибрато. Преобразовать пилообразное напряжение в синусоидальное довольно трудно; для этого требуются чрезвычайно громоздкие фильтры с дросселями большой индуктивности (более 100 *гн*). При использовании же RC-фильтров на выходе получается очень малое синусоидальное напряжение.

По желанию конструктора можно предусмотреть возможность изменять в некоторых пределах частоту и амплитуду вибрато, сделав сопротивления R_c и R переменными. Однако практически в этом нет особой необходимости. Поэтому амплитуда и частота вибрато могут быть установлены при первоначальном налаживании.

В заключение необходимо сказать, что начинающему конструктору электромузыкальных инструментов не следует увлекаться созданием большого количества тембров. Большое число тембров в зарубежных кон-

струкциях электроорганов делается в основном с рекламной целью. На практике же используются только некоторые из них, так как большинство этих тембров различается незначительно.

Радиолюбителю следует создать несколько тембров, значительно отличающихся друг от друга. Практика показывает, что умелое использование даже весьма ограниченного количества тембров в сочетании с изменением характера возникновения и затухания звука открывает перед исполнителем широкие возможности.

ГЛАВА ПЯТАЯ

КОНСТРУКЦИЯ КЛАВИАТУРЫ

Четвертым основным узлом электромузыкального инструмента является клавиатура с контактной системой. От тщательности изготовления клавиатуры во многом зависят качество и удобство исполнения. Изготовление клавиатуры в любительских условиях представляет наибольшие трудности, так как это очень трудоемкая работа, требующая специальных навыков и большого терпения.

Клавиатура должна отвечать следующим требованиям:

1. Клавиши должны иметь стандартные размеры, как, например, у рояля. При других размерах клавишей игра на электромузыкальном инструменте будет чрезвычайно затруднительна для музыканта, играющего на рояле.

2. Усилие, необходимое для нажатия клавиши, не должно быть слишком большим или слишком малым. Нормальным надо считать такое усилие, которое необходимо применять для игры на аккордеоне.

3. Клавиши не должны вибрировать, т. е. при быстром отпускании нажатой клавиши она не должна совершать вертикальные колебания. Иначе могут происходить ложные замыкания контактов.

4. Контакты должны быть отрегулированы так, чтобы для всех клавишей замыкание контактов происходило при одинаковом нажатии.

5. Работа клавиатуры должна происходить бесшумно.

6. Клавиатура и контактная система должны иметь достаточно большой срок службы.

Работа по изготовлению клавиатуры значительно упрощается, если имеется готовая клавиатура от рояля, пианино, фисгармонии или, в крайнем случае, от аккордеона. Но в большинстве случаев у радиолюбителя нет готовой клавиатуры, и тогда ее приходится изготавливать самому.

Перед тем как приступить к изготовлению клавишей, необходимо иметь контактную систему. Лучше

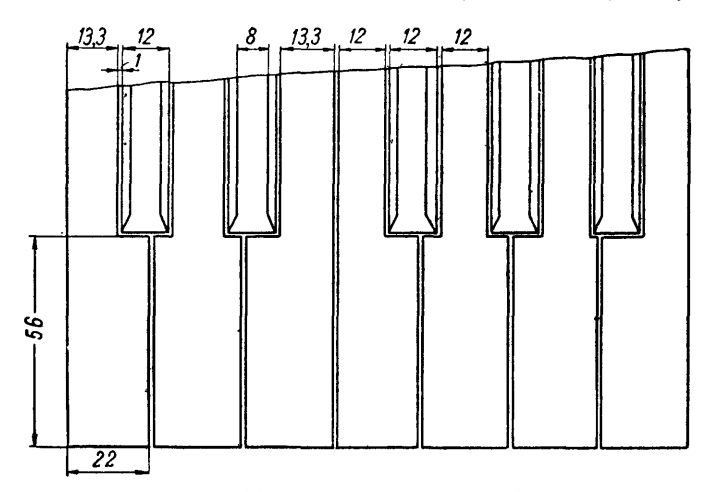


Рис. 14. Конструкция клавишей.

всего применить готовые контакты от телефонных реле, тумблеров, телефонных ключей. В крайнем случае, если достать готовые контакты невозможно, их надо сделать самому. В зависимости от типа имеющихся контактов изготавливается тот или иной вариант клавиатуры.

Количество клавиш в электромузыкальных инструментах может быть различным. Однако не следует строить многоголосный электромузыкальный инструмент с диапазоном менее трех, трех с половиной октав, что соответствует 36—42 клавишам. В одной октаве клавиатуры правильной конструкции имеется 8 различных по форме клавишей (рис. 14).

На рис. 15 показан один из вариантов конструкции клавиатуры. Клавиши можно изготовить из сухой дре-

весины (желательно применять более твердую породу дерева, например березу, клен). В клавише делаются два поперечных отверстия; одно из них сквозное, а другое сверлится на $^2/_3$ толщины клавиши. Через сквозное отверстие проходит металлический штифт *1* (гвоздь без шляпки, забитый достаточно прочно в рейку). Чтобы клавиша могла свободно перемещаться в вертикальной плоскости, сквозное отверстие имеет переменное сечение, как это показано на рисунке. В другое отверстие входит штифт *2*, который не дает возможности клавише смещаться в стороны. Рейки *3* служат для ограничения хода клавиши. Для уменьшения шума необходимо на

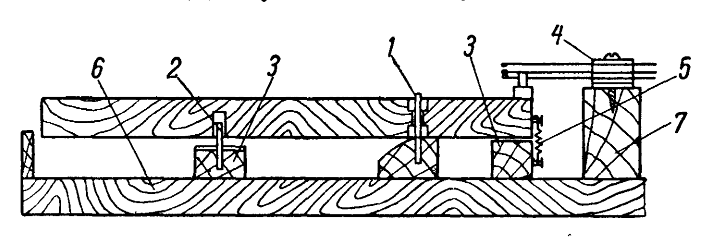


Рис. 15. Конструкция клавиатуры.

эти рейки наклеить мягкий материал, например фланель. Пружина возврата клавиши *5* одним своим концом надевается на небольшой гвоздь, вбитый в торец клавиши, а другим концом таким же образом крепится к опорной рейке *3*. Основание *6*, являющееся одновременно дном ящика, делается из многослойной фанеры толщиной 10 *мм*. Контактная система *4* крепится на рейке *7* шурупом.

Изолирующие прокладки между контактными пластинами изготавливают из плотного картона (0,5 — 0,8 *мм*) или тонкого гетинакса. Верхнюю прижимную рейку лучше всего изготовить из гетинакса (1,5— 2,5 *мм*) или же из трехслойной фанеры. Экран делают из тонкой жести или алюминия.

Для самостоятельного изготовления контактов необходимо нарезать пластинки шириной 2,5—4 и длиной 55— 90 *мм* из листовой бронзы, латуни или мягкой стали толщиной 0,2—0,5 *мм*, обладающие достаточной упругостью. Длину контакта выбирают в зависимости от толщины материала (для более тонкого материала берется минимальная длина, а для более толстого — максимальная). На

заготовленных пластинках нужно сделать контактные поверхности. Это можно выполнить двумя способами: либо при помощи керна выбить бугорки, либо при помощи плоскогубцев сделать загибы в виде треугольника.

Для того чтобы контактные поверхности не окислялись, их надо облудить путем погружения обоих концов пластины в расплавленное олово.

Сборку контактной системы начинают с одного из концов клавиатуры. Все изолирующие прокладки и прижимная рейка привинчиваются шурупом. Против первой и второй клавишей между прокладками вставляют

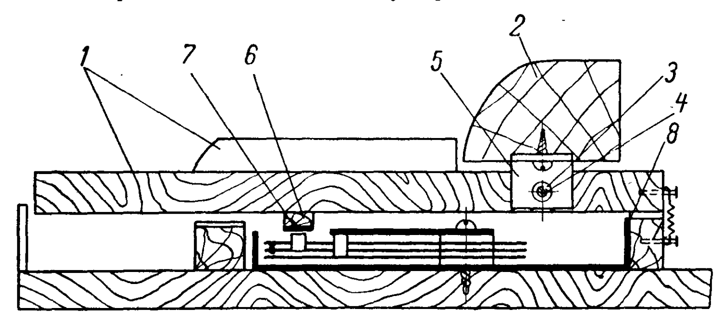


Рис. 16. Вариант конструкции клавиатуры.

по три контактные пластинки, и между ними крепко ввинчивают шуруп. Затем вставляют между изолирующими прокладками контактные пластинки следующей клавиши и снова ввинчивают шуруп и т. д.

При такой последовательности операций сборка контактной системы производится легко и быстро. При сборке необходимо следить, чтобы контактные поверхности находились точно друг против друга. После окончания сборки контакты следует тщательно отрегулировать так, чтобы при ненажатой клавише был замкнут нижний, а при нажатой — верхний контакт. Замыкание верхнего контакта должно происходить лишь после размыкания нижнего, а минимальные воздушные зазоры между разомкнутыми контактами должны быть не меньше 0,2 *мм*.

На рис. 16 показан другой вариант конструкции клавиатуры и контактной системы. Эта конструкция от-

личается от предыдущей тем, что не имеет направляющих штифтов и контакты в ней расположены под клавишами.

В конструкции используются контакты от телефонных реле. Размещение их под клавишами дает возможность сократить размеры клавиатуры. Клавиши имеют круглые отверстия, в которые запрессованы бронзовые втулки *3*. Через эти втулки проходит ось *4* (стальная проволока диаметром 2—3 *мм*). Внутренний диаметр втулки должен быть точно равен диаметру проволоки, чтобы не было заметного люфта. Для сохранения необходимого зазора между клавишами (0,5—1 *мм*) на ось надеваются шайбы. Ось крепится к верхней рейке *2*

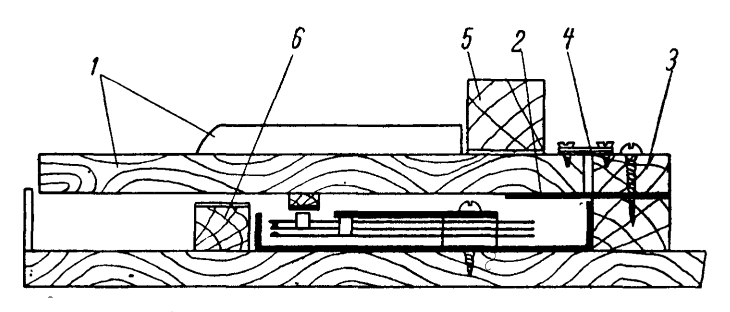


Рис. 17. Упрощенная конструкция клавиатуры.

при помощи скобы *5* через каждые 3—4 клавиши. В этих местах скобы выполняют доль дистанционных шайб. Рейка *2* должна быть достаточно жесткой, так как на нее будет передаваться усилие при нажатии клавишей. Для замыкания контактов клавиша *1* имеет приклеенный к ней снизу деревянный выступ *6*. К нижней части выступа приклеивается пластинка *7* из гетинакса, которая меньше подвергается износу, нежели дерево. Контактная система по всей длине имеет экран *8*.

Упрощенный вариант этой конструкции показан на рис. 17. Здесь роль шарнира выполняет тонкая пластинка *2* из гетинакса. Вместо гетинакса можно применить любой эластичный материал (целлулоид, органическое стекло и др.). Эту пластинку приклеивают одним концом к клавише *1*, а другой ее конец зажимают между двумя рейками с помощью шурупов, которые ввинчивают в промежуток между клавишами. Между торцом

клавиши и прижимной рейкой *3* оставляют зазор в 1—2 *мм*, для чего во время сборки и регулировки между клавишей и верхней прижимной рейкой вкладывают полоску картона соответствующей толщины. По окончании регулировки полоску вынимают.

В этой конструкции следует применить более жесткую возвратную пружину *4* и достаточно жесткую верхнюю опорную рейку *5*. Вместо стальной пружины можно применять резиновый шнур или тесьму.

Возвратную пружину можно расположить и в рейке *6*. Для этого в рейке высверливается отверстие (на $^2/_3$ толщины), в которое вставляют спиральную пружину. Длину пружины надо подобрать опытным путем.

На белые клавиши сверху и с торца надо наклеить белый целлулоид или пластмассу, а черные клавиши покрыть черным лаком. При окончательном оформлении клавиатуры следует предусмотреть удобное размещение переключателей тембров (либо над клавиатурой, либо сбоку ее).

Если радиолюбитель захочет создать более совершенную конструкцию многоголосного электромузыкального инструмента, позволяющую выделить мелодию из аккомпанемента, то необходимо сделать инструмент с двумя клавиатурами, каждая из которых должна иметь свой темброблок, предварительный усилитель и регулятор громкости.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

К усилителю низкой частоты многоголосного электромузыкального инструмента предъявляются очень жесткие требования, которые необходимо выполнить для получения высококачественного звучания инструмента. Выходная мощность усилителя должна быть не менее 15 *вт*. Желательно иметь выходную мощность 30 *вт* и больше. Коэффициент нелинейных искажений должен быть не более 0,5%, а коэффициент перекрестных искажений — не более 1%. Полоса воспроизводимых частот должна быть 45—15 000 *гц* при неравномерности частотной характеристики ±3 *дб*.

Этим требованиям не отвечает ни один из усилителей низкой частоты, даже радиоприемников первого класса, а из большого количества схем усилителей низкой частоты, опубликованных в литературе, можно использовать лишь очень немногие.

Необходимость малых нелинейных искажений обусловлена следующим. Звук всех обычных музыкальных инструментов (неадаптированных) является гармоническим, т. е. все гармоники (обертоны), входящие в состав звука, имеют частоты, кратные основной частоте. Такой звук воспринимается как музыкальный. Если музыкальный инструмент поврежден (например, треснул корпус инструмента), то он будет иметь дребезжащий звук. В звуке, кроме гармонических составляющих, будут присутствовать негармонические, т. е. не кратные основной частоте. Такой звук уже не будет музыкальным.

При воспроизведении через усилитель низкой частоты одного тона вследствие нелинейных искажений, вносимых усилителем, появляются высшие гармонические составляющие (обертоны). Звук остается при этом музыкальным; изменяется только его тембр. Одновременное воспроизведение нескольких звуков через усилитель низкой частоты, обладающий нелинейными искажениями, приводит к появлению не только обертонов, но и негармонических составляющих (так называемых комбинационных частот основных тонов и всех обертонов). Это равноценно звучанию поврежденного музыкального инструмента. Вместо красивого аккорда получается неприятный шум, напоминающий звук автомобильного сигнала.

Нелинейные искажения будут также заметны, если многоголосный электромузыкальный инструмент будет использоваться совместно с другими обычными музыкальными инструментами.

Для художественного исполнения на электромузыкальном инструменте необходим достаточно большой динамический диапазон. Поэтому усилитель низкой частоты должен иметь достаточную мощность. При конструировании усилителей низкой частоты, отвечающих всем вышеперечисленным требованиям, наибольшую трудность вызывают оконечный каскад и акустический агрегат, которые являются основными источниками разного рода искажений.

Наиболее рациональным следует считать применение в оконечном каскаде усилителя низкой частоты пентодов, работающих в ультралинейном режиме. Другим путем повышения качества усилителя является применение оконечного каскада без выходного трансформатора. В этом случае отпадает надобность в изготовлении сложных и громоздких выходных трансформаторов, ограничивающих (вследствие имеющейся индуктивности рассеивания) полосу воспроизводимых частот и допустимую глубину отрицательной обратной связи.

В акустическом агрегате необходимо применить несколько громкоговорителей, подавая на каждый из них напряжение определенной части частотного диапазона. Это сильно снижает интермодуляционные искажения. При подаче на один громкоговоритель всего спектра звуковых частот наблюдаются искажения, обусловленные частотной модуляцией. Они возникают при одновременном воспроизведении низких и высоких частот.

На рис. 18 приведена схема усилителя низкой частоты для переносного многоголосного электромузыкального инструмента. Этот усилитель является универсальным. К нему можно одновременно подключить еще микрофон и электрогитару или другой адаптированный инструмент. В усилителе работают девять ламп (шесть из них — в оконечном каскаде). Выходная мощность усилителя 25 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений менее 0,5% на частоте 400 *гц*, полоса пропускания 30—15 000 *гц*. Вес усилителя вместе с акустическим агрегатом — около 10 *кг*. Основной целью при конструировании этого усилителя было предельное уменьшение веса без потери остальных положительных качеств.

Микрофонный вход (*Вход 1*) — низкоомный, рассчитан на работу усилителя от динамического микрофона. Правый (по схеме) триод лампы $Л_1$ работает без сеточного смещения. Регулировка усиления микрофонного тракта осуществляется потенциометром R_9. Такой способ регулирования громкости позволяет уменьшить фон и шумы усилителя.

На управляющую сетку левого триода лампы $Л_2$ подается одновременно напряжение с микрофонного усилителя и со *Входа 2*. Чувствительность этого тракта обеспечивает работу усилителя от гитары с электромаг-

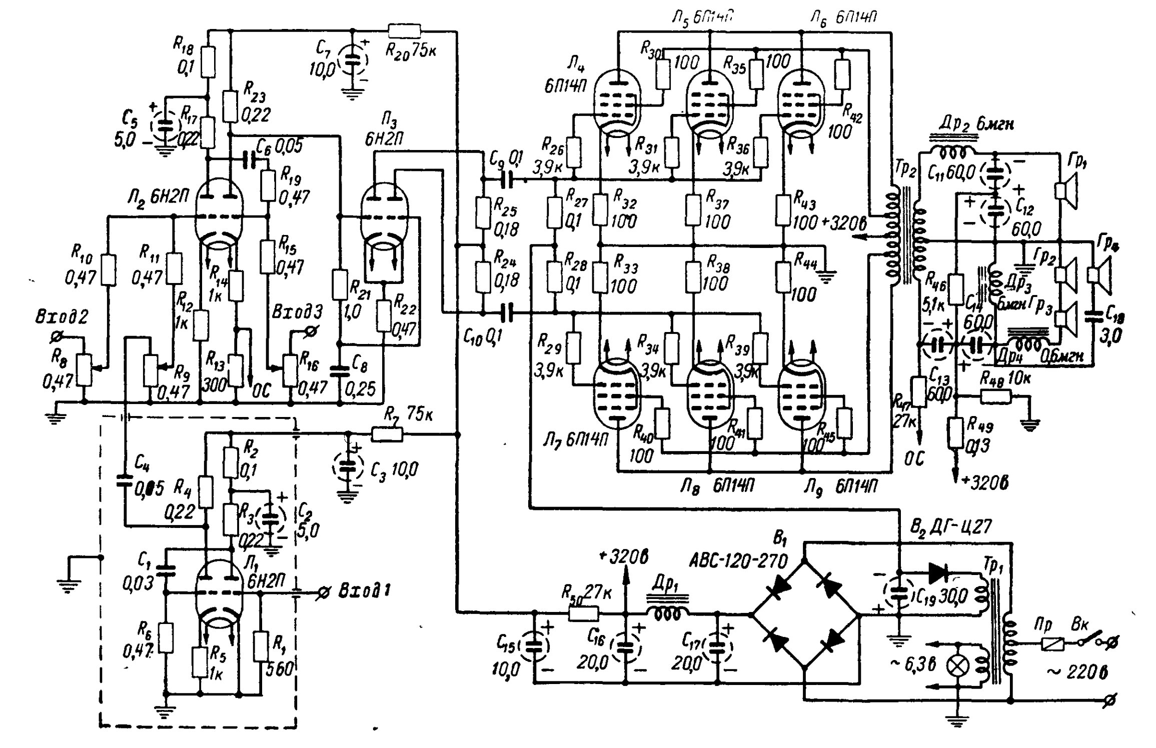


Рис. 18. Схема усилителя низкой частоты для переносного многоголосного электромузыкального инструмента.

нитным адаптером. Чтобы регулировка усиления одного из трактов меньше влияла на величину усиления другого тракта, в схему введены сопротивления развязки R_{10} и R_{11}.

Для многоголосного электромузыкального инструмента предназначен *Вход 3.* Чувствительность этого входа достаточна также для работы усилителя от звукоснимателя. Анодные цепи всех каскадов предварительного усилителя получают питание через развязывающие фильтры. Для улучшения частотной характеристики усилителя сопротивления автоматического смещения в катодных цепях ламп не шунтируются конденсаторами.

В инверторном каскаде работает двойной триод $Л_3$. Правильный подбор величины сопротивления R_{22} позволяет обойтись без переходного конденсатора между лампами $Л_2$ и $Л_3$.

Оконечный каскад усилителя собран по ультралинейной схеме. Для обеспечения необходимой выходной мощности при минимальных габаритах целесообразно в каждом плече иметь по три лампы типа 6П14П. Повышение стабильности работы оконечного каскада достигается введением отрицательной обратной связи с помощью сопротивлений в цепях катодов и экранирующих сеток ламп. При такой схеме распределение мощности между лампами получается более равномерным.

Без отрицательной обратной связи по току параллельная работа ламп практически невозможна ввиду большого разброса их параметров. Несимметрия плеч выходного каскада вызывает значительные нелинейные искажения (1,5—2%) даже в ультралинейном режиме. Дальнейшее уменьшение нелинейных искажений достигается с помощью отрицательной обратной связи по напряжению. Напряжение обратной связи снимается со вторичной обмотки выходного трансформатора и подается на катод правого триода лампы $Л_2$.

На выходе усилителя происходит разделение полосы частот на диапазоны 40—400, 400—4 000 и 4 000—15 000 *гц*. Разделение осуществляется при помощи конденсаторов и дросселей. На громкоговоритель $Гр_1$ подаются низкие, на $Гр_2$ и $Гр_3$ — средние и на $Гр_4$ — высокие звуковые частоты. Чтобы в разделительных фильт-

рах можно было использовать малогабаритные электролитические конденсаторы, на них подается постоянное напряжение около 25 *в* через высокоомный делитель напряжения R_{48}, R_{49}.

Регулировка тембра в самом усилителе не предусмотрена.

В целях уменьшения габаритов и веса в выпрямителе применен автотрансформатор $Тр_1$. Высокое напряжение выпрямляется селеновыми столбиками типа АВС-120-270. Для обеспечения необходимого выпрям-

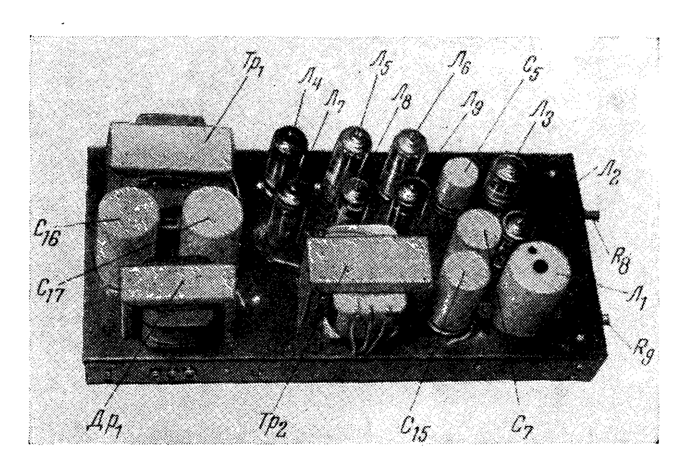


Рис. 19. Расположение деталей на шасси усилителя.

ленного тока два селеновых столбика соединены параллельно. Отрицательное напряжение 11 *в* для сеточного смещения оконечных ламп получается от отдельного однополупериодного выпрямителя с германиевым диодом типа ДГ-Ц27.

Усилитель вместе с выпрямителем собран на шасси из гетинакса толщиной 3 *мм* размерами 300×140××35 *мм*. Расположение деталей на шасси показано на рис. 19.

Особое внимание обращено на уменьшение веса трансформаторов и дросселей. Используя в качестве сердечника стандартные Ш-образные пластины трансформаторной стали, трудно сконструировать трансформаторы с малым весом. Поэтому применены пластины

от выходного трансформатора радиоприемника «Люкс», имеющие увеличенное окно.

Удельные нагрузки сердечника и обмоток выходного трансформатора не превышают допустимых. В силовом трансформаторе удельные нагрузки немного завышены, что дало возможность получить от него мощность около 140 *вт* при весе 0,7 *кг*. Поэтому непрерывная работа усилителя возможна лишь в течение 1—1,5 *ч*. После этого усилитель должен быть выключен для охлаждения трансформатора не менее чем на 15 *мин*. Так как усилитель не изолирован от питающей сети, все

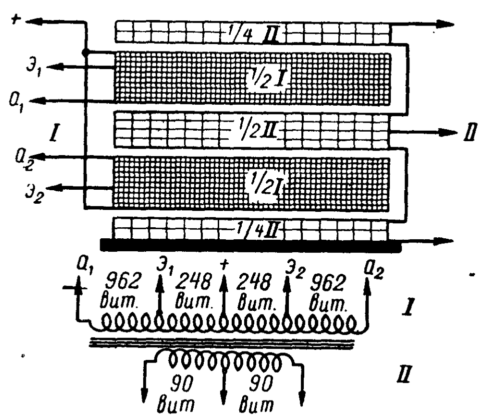


Рис. 20. Расположение обмотки и моточные данные выходного трансформатора.

металлические детали, соединенные с общим (минусовым) приводом, в целях безопасности должны быть надежно изолированы.

Сердечник дросселя фильтра выпрямителя имеет зазор 0,5 *мм* (толщина картонной прокладки 0,25 *мм*).

Необходимую величину индуктивности дросселей разделительных фильтров на выходе усилителя подбирают изменением величины зазора сердечников дросселей.

Трансформатор $Тр_1$ и $Тр_2$ выполнены на сердечниках от выходных трансформаторов радиоприемника «Люкс», толщина пакета 30 *мм*. Сетевая (она же и повышающая) обмотка силового трансформатора $Тр_1$ имеет 1 200+230 витков провода ПЭЛ 0,3.

Обмотка для накала ламп состоит из 55 витков провода ПЭЛ 0,8, а обмотка для выпрямителя смещения — из 60 витков ПЭЛ 0,15. Выходной трансформатор $Тр_2$ имеет секционированные первичную и вторичную обмотки. Первичная обмотка намотана проводом ПЭЛ 0,23, а вторичная — ПЭЛ 0,6. Моточные данные и схема соединений секций показаны на рис. 20.

Все дроссели для разделения частот ($Др_2$, $Др_3$ и $Др_4$) намотаны на сердечниках из пластин Ш-9 при толщине пакета 10 *мм* проводом ПЭЛ 0,8. Дроссели $Др_2$ и $Др_3$ содержат по 60, а $Др_4$ — 20 витков. Дроссель фильтра выпрямителя $Др_1$ имеет сердечник из пластин Ш-20 при толщине пакета 20 *мм*. Обмотка выполнена проводом марки ПЭЛ 0,23 до заполнения каркаса.

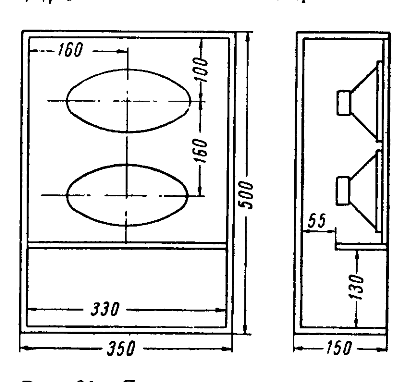


Рис. 21. Ящики для громкоговорителей переносного электромузыкального инструмента.

Значения индуктивностей и емкостей разделительных фильтров рассчитаны для низкочастотного громкоговорителя типа 6 ГД-1, среднечастотных типа 5 ГД-14 и высокочастотного типа 1 ГД-1.

Громкоговорители (акустический агрегат) размещены в двух ящиках, сделанных из фанеры толщиной 10 *мм* (рис. 21). В одном ящике смонтированы громкоговорители $Гр_1$ и $Гр_4$, а в другом — $Гр_2$ и $Гр_3$. В нижних частях ящика помещаются усилитель и соединительные провода при их переноске, а сами ящики соединяются лицевыми сторонами при помощи специальных замков. Во время же работы усилитель размещается отдельно от акустического агрегата. Снаружи ящики оклеены дерматином.

Налаживание усилителя начинают с проверки режима оконечных ламп. Перед налаживанием проверяется правильность подключения отрицательной обратной связи. Если усилитель возбуждается, то нужно переключить выводы вторичной обмотки выходного трансформатора.

Затем нужно поставить в нормальный режим лампы $Л_1$ и $Л_2$. Режим правого триода лампы $Л_2$ подбирают при вынутой лампе $Л_3$, так как сеточный ток последней может нарушить истинное распределение напряжений. Нормальное отрицательное смещение на сетках лампы $Л_3$ устанавливают с помощью сопротивления R_{22}.

На рис. 22 показана схема высококачественного двухканального усилителя низкой частоты, предназначенного для стационарного электромузыкального инструмента. Он может быть также с успехом использован для воспроизведения магнитной и граммофонной записи.

Выходная мощность этого усилителя 30 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений на частоте 400 *гц* меньше 0,5%. Полоса воспроизводимых частот составляет 30—15 000 *гц*. Разделение частот на каналы происходит на частоте 800 *гц*.

Ко *Входу 1* подключают электромузыкальный инструмент, а ко *Входу 2* можно подключить звукосниматель или радиоприемник. Регулировка громкости осуществляется переменным сопротивлением R_4. Детали R_2, R_3, C_1, C_2, C_3 и C_4 образуют цепь тонкоррекции. Разделение частот на каналы осуществляется после общего предварительного усилителя, собранного на одном из триодов лампы $Л_1$.

Через разделительные фильтры, состоящие из деталей C_8, C_9, C_{10}, R_{12}, R_{13}, R_{14} в канале верхних и C_7, C_{11}, R_8, R_9, R_{11} в канале нижних частот, напряжение сигнала поступает на сетки ламп усилителей разделенных частот (левые по схеме триоды ламп $Л_2$ и $Л_3$). Регулирование усиления каждого канала осуществляется потенциометрами R_8 и R_{14}. Фазоинверторы собраны на правых (по схеме) триодах ламп $Л_2$ и $Л_3$.

Оконечные лампы включены по ультралинейной схеме. В каждом плече работает по две лампы. Каждый канал усилителя имеет основную петлю обратной связи (сопротивление R_{57} в канале верхних и R_{55} C_{25} в канале нижних частот) и две местные обратные связи (цепи R_{56} C_{14} и R_{20} C_{12}).

На выходе верхнечастотного канала происходит дополнительное разделение частот (частота разделения 6 000 *гц*) при помощи дросселей и конденсаторов ($Др_1$, $Др_2$, C_{28}, C_{29}). Частоты выше 6 000 *гц* подаются на

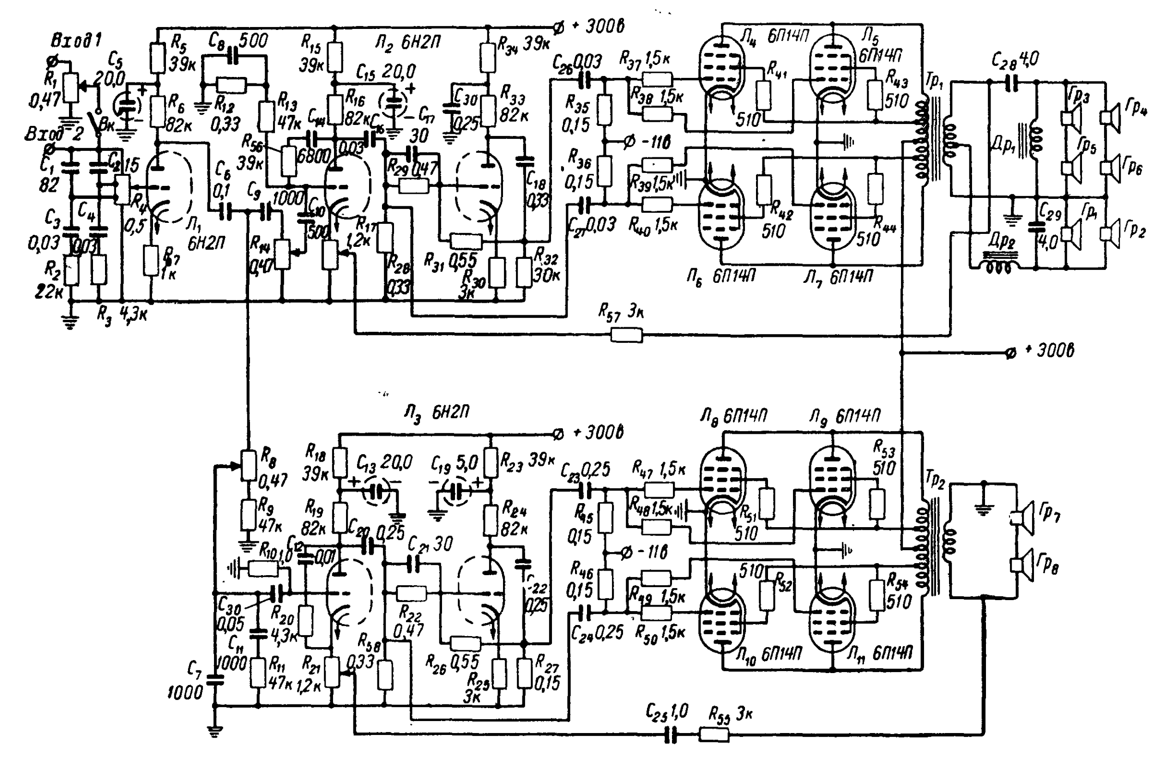


Рис. 22. Схема двухканального усилителя низкой частоты для стационарного электромузыкального инструмента.

громкоговорители *Гр*$_3$, *Гр*$_4$, *Гр*$_5$ и *Гр*$_6$ типа 1ГД-1, а частоты 800—6 000 *гц* — на громкоговорители *Гр*$_1$ и *Гр*$_2$ типа 4ГД-2. На выходе канала нижних частот включены громкоговорители *Гр*$_7$ и *Гр*$_8$ (от радиоприемника «Рига-10»).

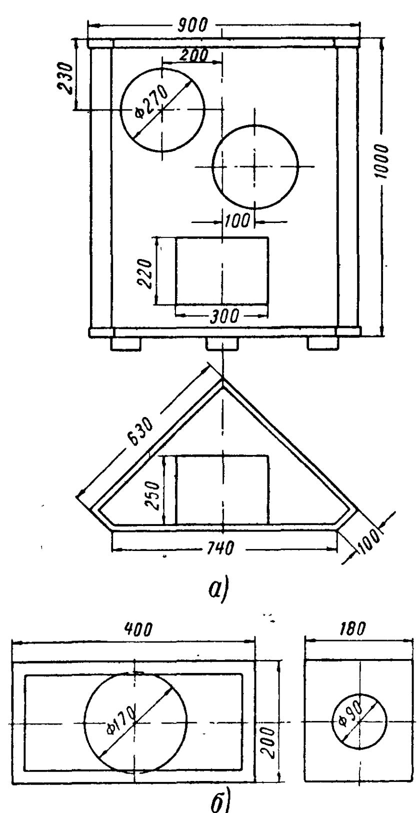


Рис. 23. Чертеж акустического агрегата.

а — фазоинвертор; *б* — ящик для громкоговорителей средних и верхних частот.

Акустический агрегат состоит из низкочастотного фазоинвертора, в котором помещены громкоговорители *Гр*$_7$ и *Гр*$_8$, и двух небольших ящиков, в каждом из которых смонтированы один громкоговоритель типа 4ГД-2 и два громкоговорителя типа 1ГД-1. Размеры фазоинвертора и ящиков даны на рис. 23.

Питание усилителя и электромузыкального инструмента осуществляется от отдельного выпрямителя (рис. 24). В выпрямителе использован силовой трансформатор (*Тр*$_3$) от радиоприемника «Мир». Высокое напряжение выпрямляется селеновыми столбиками типа АВС-120-270, включенными по двухполупериодной схеме. Для питания анодных цепей задающих генераторов и делителей частоты служит выпрямитель с двумя селеновыми столбиками типа АВС-80-260. Выпрямленное напряжение стабилизируется при помощи стабилитронов *Л*$_1$ и *Л*$_2$ типа СГ1П. Питание накальных цепей электромузыкального инструмента производится от трансформатора *Тр*$_3$.

Усилитель собран на алюминиевом шасси размерами 400×160×50 *мм*. Расположение деталей на шасси показано на рис. 25. Выпрямитель выполнен на отдельном шасси размерами 340×160×50 *мм*. Располо-

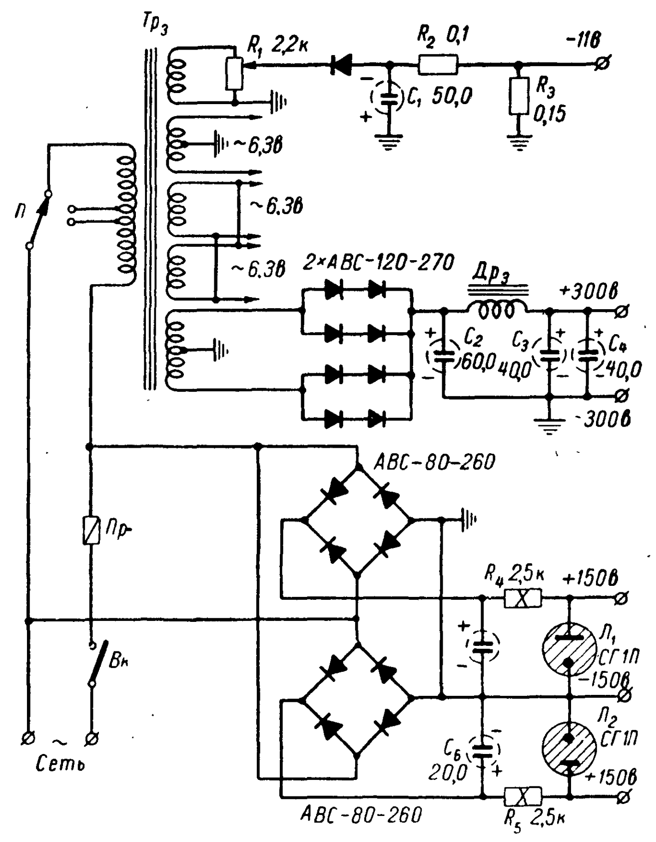


Рис. 24. Схема выпрямителя к двухканальному усилителю.

жение деталей выпрямителя на этом шасси показано на рис. 26.

Выходной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-27 при толщине пакета 35 *мм*. Каркас для обмоток разделен посередине щечкой, имеющей несколько прорезей для прохода проводов. Обмотка I состоит из 930 витков провода ПЭЛ 0,27, а обмотка II —

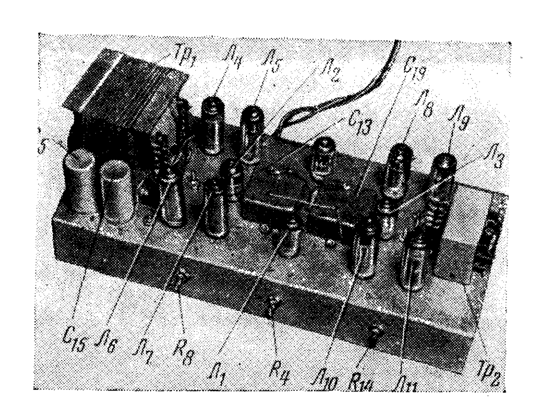


Рис. 25. Расположение деталей шасси усилителя.

из 62 витков провода ПЭЛ 0,5. Расположение обмоток на каркасе и схема их соединения показаны на рис. 27.

Выходной трансформатор $Тр_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-27 при толщине пакета 45 *мм*. Обмотка I состоит из 4 200 витков провода ПЭЛ 0,27, а об-

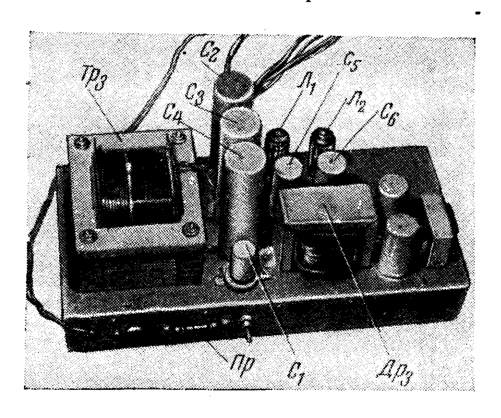


Рис 26. Расположение деталей на шасси выпрямителя.

мотка II—из 284 витков ПЭЛ 0,5. Расположение обмоток на каркасе и схема их соединения также показаны на рис. 27.

Силовой трансформатор взят от радиоприемника «Мир». Он имеет сердечник из пластин Ш-40 при тол-

щине пакета 60 *мм*. Сетевая обмотка состоит из 2×(197+31) витков провода ПЭЛ 0,64, повышающая обмотка — из 2×550 витков ПЭЛ 0,31, три накальные обмотки имеют по 12 витков ПЭЛ 1,5 и обмотка для получения напряжения смещения оконечных ламп содержит 18 витков ПЭЛ 0,2.

Дроссель фильтра $Др_3$ имеет сердечник из пластин Ш-25 при толщине пакета 35 *мм* с зазором 0,4 *мм* и обмотку из 3 500 витков провода ПЭЛ 0,27.

Разделительные дроссели $Др_1$, $Др_2$ намотаны на сердечниках из пластин Ш-10 при толщине пакета

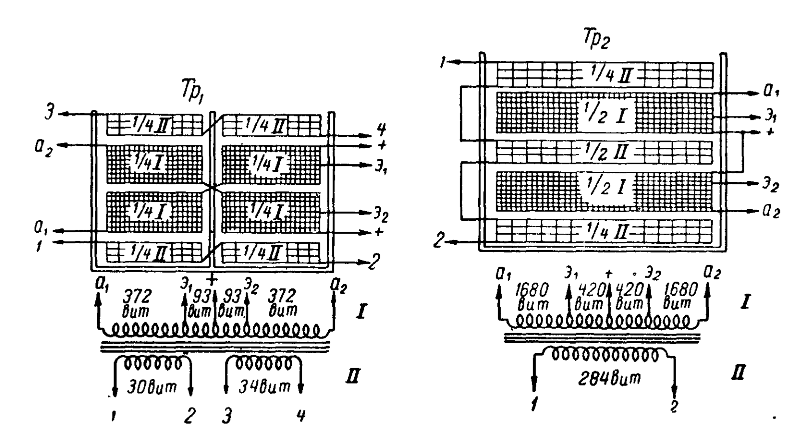


Рис. 27. Расположение обмоток и моточные данные выходных трансформаторов двухканального усилителя.

10 *мм* с зазором 0,3 *мм* проводом ПЭЛ 1,0. Обмотки их содержат по 40 витков.

Налаживание усилителя начинают с установки необходимых режимов ламп. При наличии звукового генератора и измерителя нелинейных искажений величины сопротивлений R_{32}, R_{33}, R_{34} и R_{35} подбираются по минимуму нелинейных искажений. Глубину отрицательной обратной связи основной петли необходимо подобрать при помощи потенциометров R_{17} и R_{21}.

Рассмотренные выше две схемы усилителей низкой частоты отвечают требованиям, предъявляемым к усилителям для многоголосных электромузыкальных инструментов. Но необходимо отметить, что получение от

усилителей наилучших качественных показателей (в основном минимальных нелинейных искажений) возможно только в том случае, если при налаживании используется соответствующая аппаратура. При налаживании без приборов нелинейные искажения могут оказаться больше, так как на слух или с помощью осциллоскопа можно обнаружить только нелинейные искажения, превышающие 3%.

При игре на электромузыкальном инструменте большое значение имеет регулировка громкости. В отличие от обычного регулятор громкости для электромузыкального инструмента должен быть выполнен так, чтобы имелась возможность непрерывного его использо-

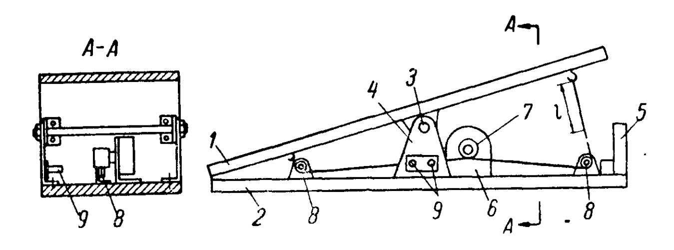


Рис. 28. Конструкция педального регулятора громкости.

вания. При игре на инструменте обе руки исполнителя заняты, поэтому оказалось наиболее удобным регулировать громкость при помощи ножной педали. Одна из конструкций ножного (педального) регулятора громкости приведена на рис. 28.

Педальный регулятор громкости состоит из верхней *1* и нижней *2* планок педали, выполненных из доски толщиной 10 *мм*. Верхняя планка может вращаться вокруг оси *3*, которая входит в кронштейны *4*, изготовленные из листовой стали толщиной 1,5—2 *мм*. Ход верхней планки педали ограничивается упором *5*. Потенциометр с логарифмической характеристикой укрепляется на специальной скобе *6*, прикрепленной к нижней планке. На ось потенциометра надет валик *7*, на который наматывается жильная струна или тросик от верньерного устройства радиоприемника. Для предотвращения проскальзывания валик имеет сквозное отверстие, через которое пропущен тросик.

Диаметр валика потенциометра подсчитывается по формуле

$$D = \frac{360l}{3,14\alpha},$$

где D — диаметр валика, *мм*;
l — ход педали, *мм*;
α — угол поворота потенциометра.

Тросик натягивают и закрепляют в двух местах верхней планки педали. Ролики *8* служат для направления тросика. Через гнезда *9* потенциометр подключается к усилителю низкой частоты. Провод от потенциометра до усилителя должен быть экранированным.

В заключение отметим, что существует еще один путь высококачественного воспроизведения звука многоголосных электромузыкальных инструментов. Это—применение отдельных каналов усиления для одноименных звуков, например только для всех «до». Но в этом случае потребуется 12 каналов усиления, отдельный громкоговоритель на каждый канал и 12 темброблоков. Такая система обеспечивает очень высокое качество воспроизведения звука при более низких требованиях к усилителям, чем в случаях одноканального или двухканального усиления. Однако такой специальный усилитель применим только для многоголосных электромузыкальных инструментов и не может быть использован для других целей.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ПЕРЕНОСНЫЙ МНОГОГОЛОСНЫЙ ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ НА НЕОНОВЫХ ЛАМПАХ

Этот инструмент собран по блок-схеме с семью задающими генераторами. Он охватывает диапазон от «ми» большой октавы до «до» третьей октавы. Клавиатура состоит из 45 клавиш. В инструменте использованы шесть двойных триодов типа 6Н1П, кенотрон типа 5Ц4С, два стабилитрона (СГ3С и СГ4С) и 45 неоновых ламп типа МН-6. Инструмент имеет четыре тембра,

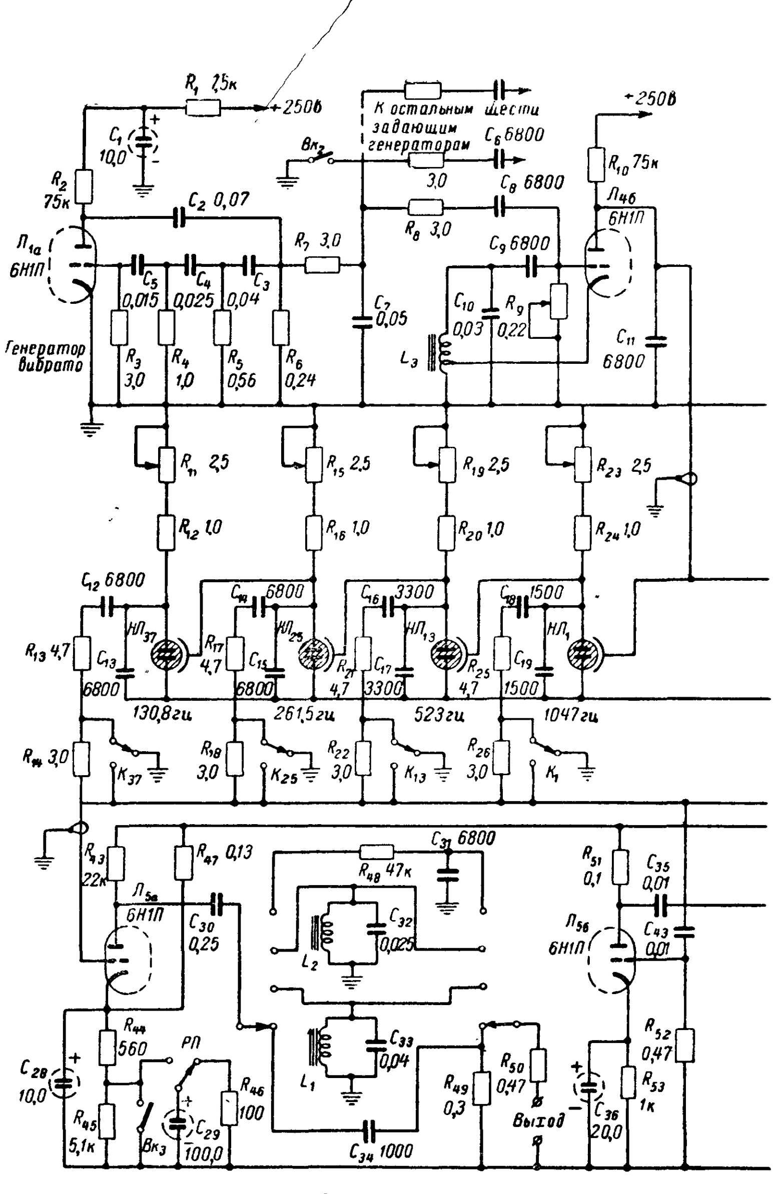
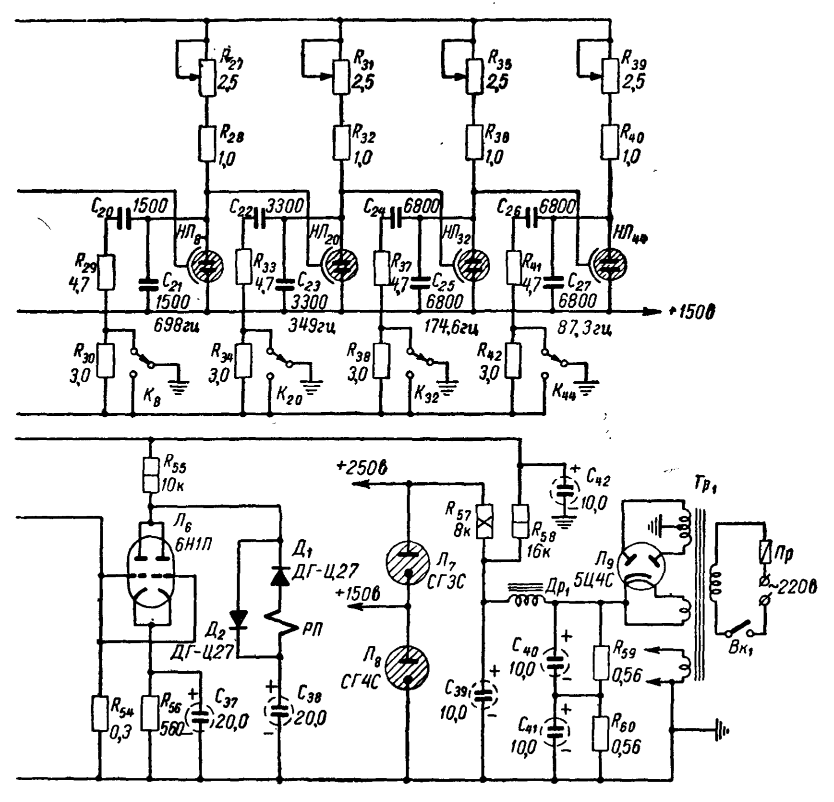


Рис. 29. Схема многоголосного электромузы

которые могут быть использованы при включенном или выключенном «вибрато», а также при включенном или выключенном каскаде управления затуханием звука. Это дает 16 комбинаций различных звучаний.

На рис. 29 приведена схема инструмента. Здесь показаны генератор вибрато (общий для всего инструмента), один из семи задающих генераторов (настроенный на частоту 2 093 *гц*) и синхронизируемые им восемь делителей частоты (все «до» и «фа»). Остальные шесть задающих генераторов и делители частоты имеют такие же значения емкостей и сопротивлений и поэтому на схеме не показаны. Кроме этого, на схеме показаны предварительный усилитель, темброблок и выпрямитель.



кального инструмента на неоновых лампах.

Взаимодействие всех узлов инструмента поясняет блок-схема, приведенная на рис. 3.

Задающий генератор собран на триоде $Л_4$ по трехточечной схеме. Частоту генератора в небольших пределах можно изменять при помощи переменного сопротивления R_9, ручка которого выведена на переднюю панель шасси. Контурная катушка генератора L_3 имеет сердечник, который собирают из разрезанных пополам трансформаторных пластин Ш-20. После разрезания пластин с них снимают заусенцы. Каркас катушки склеивают из картона. Обмотка катушки содержит 3 000 витков провода ПЭЛ 0,17 с отводом от 1 000-го витка, считая от заземленного конца. Толщина набора сердечника катушки подбирается при налаживании и может достигать 10 *мм*.

Синхронизирующее напряжение снимается с анода лампы и подается на элементы синхронизации первых делителей частоты ($НЛ_1$ и $НЛ_8$). Элемент синхронизации представляет собой три витка монтажного провода, намотанного на баллон неоновой лампы. Делитель частоты $НЛ_1$ имеет кратность деления, равную 2, а делитель частоты $НЛ_8$ — равную 3. Последующие делители частоты осуществляют октавное деление частоты, т. е. деление на 2.

Собственная частота колебаний делителей изменяется при помощи переменных сопротивлений R_{11}, R_{15}, R_{19}, . . ., R_{39} величиной 2,5 *Мом*. Постоянные сопротивления по 1 *Мом* R_{12}, R_{16}, R_{20}, . . ., R_{40}, включенные последовательно с переменными, служат для ограничения тока через неоновые лампы при выведенном переменном сопротивлении.

Пилообразное напряжение с делителей частоты через цепочки $C_{12}\,R_{13}$, $C_{14}\,R_{17}$, $C_{16}\,R_{21}$,... $C_{26}\,R_{41}$ подается на контактную систему клавиатуры. Показанное на схеме положение контактов клавиатуры K_1, K_8 соответствует ненажатым клавишам. При таком положении контактов пилообразное напряжение не поступает на сетку лампы предварительного усилителя.

Сопротивления по 4,7 *Мом* (R_{13}, R_{17}, R_{21}, . . ., R_{41}) служат для предотвращения срыва колебаний делителей частоты при ненажатых клавишах. Сопротивления по 3 *Мом* (R_{14}, R_{18}, R_{22}, . . ., R_{42}) необходимы для того, чтобы при указанном на схеме положении контактов

клавиатуры сетка лампы предварительного усилителя не была замкнута на «землю». Помимо этого, все они являются сопротивлением утечки сетки лампы $Л_{5а}$. При нажатии клавиши соответствующий контакт $К$ замыкает одно из этих сопротивлений (R_{14}, R_{18}, R_{22}, . . ., R_{42}) и пилообразное напряжение поступает на сетку лампы $Л_{5а}$.

Предварительный усилитель (на триоде $Л_{5а}$) может работать в двух режимах. При замкнутом положении выключателя $Вк_3$ обеспечивается нормальное смещение на управляющей сетке лампы усилителя. При разомкнутом выключателе $Вк_3$ каскад позволяет изменять характер затухания звука. Описание работы такого каскада дано в гл. 4.

Триод $Л_{5б}$ используется в качестве предварительного усилителя для электронного реле, которое собрано на лампе $Л_6$ и служит для переключения контактов *РП*. Для увеличения тока через обмотку реле оба триода лампы $Л_6$ соединены параллельно. В этом каскаде применено поляризованное электромагнитное реле типа ТРМ с током срабатывания около 4 *ма*. Выпрямление переменной составляющей анодного тока производится при помощи полупроводниковых диодов $Д_1$ и $Д_2$. Конденсатор C_{38} преграждает путь постоянной составляющей анодного тока лампы через обмотку реле.

После предварительного усиления пилообразное напряжение поступает в темброблок, состоящий из двух формантных контуров (L_1C_{33}, L_2C_{32}) и цепей $R_{48}C_{31}$ и $R_{49}C_{34}$. Резонансные частоты контуров L_1C_{33} и L_2C_{32} равны соответственно 500 и 1 000 *гц*. Катушки L_1 и L_2 намотаны на пермаллоевых сердечниках Ш-9 с зазором 0,1 *мм* и имеют соответственно 2 000 и 1 000 витков провода ПЭЛ 0,15. Катушки для устранения наводок помещены в магнитные экраны из стали толщиной 0,5 *мм*.

Включение того или иного тембра осуществляется при помощи клавишного переключателя от радиоприемника «Октава», имеющего семь клавишей. Одна из этих клавишей служит для отключения инструмента от электросети. Включение инструмента в электросеть производится нажатием любой другой клавиши переключателя.

Генератор вибрато собран на триоде $Л_{1а}$. Для устранения взаимного влияния задающих генераторов

каждый из них связан с генератором вибрато через цепь, состоящую из конденсатора и высокоомного сопротивления (R_8 и C_8 для показанного на схеме генератора). Громкость регулируют при помощи переменного сопротивления, установленного в ножной педали.

Для питания делителей частоты и анодных цепей ламп задающих генераторов служат стабилизированные напряжения 150 и 250 *в*, получаемые с последовательно включенных стабилитронов $Л_7$ и $Л_8$. Для получения большего коэффициента стабилизации ко входу стабилизатора подводится постоянное напряжение 500 *в*. Половина этого напряжения падает на балластном сопро-

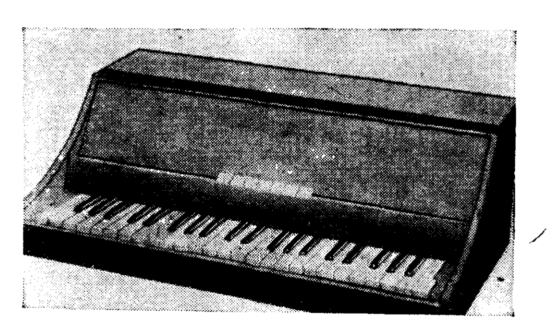


Рис. 30. Внешний вид многоголосного электромузыкального инструмента на неоновых лампах.

тивлении R_{57}, рассчитанном на мощность рассеяния 10 *вт*. Для повышения надежности работы выпрямителя на входе фильтра применено последовательное соединение двух электролитических конденсаторов. Для равномерного распределения напряжения между конденсаторами параллельно им включены сопротивления R_{59} и R_{60}.

Силовой трансформатор $Тр_1$ выполнен на сердечнике из пластин Ш-30 при толщине пакета 40 *мм*. Сетевая обмотка содержит 750 витков провода ПЭЛ 0,3. Повышающая обмотка намотана проводом марки ПЭЛ 0,17 и имеет по 1 650 витков в каждом плече. Накальные обмотки для питания триодов и кенотрона содержат соответственно 22 и 17 витков провода ПЭЛ 0,6.

Дроссель $Др_1$ фильтра выпрямителя имеет сердечник из пластин Ш-20 при толщине пакета 30 *мм*. Он намотан проводом ПЭЛ 0,2 до заполнения каркаса.

Инструмент смонтирован в деревянном ящике, общий вид которого показан на рис. 30. Внутри ящика имеется дюралюминиевое шасси, на котором смонтированы все узлы инструмента (рис. 31).

Делители частоты монтируют на трех гетинаксовых платах размерами 290×140 *мм* (толщиной

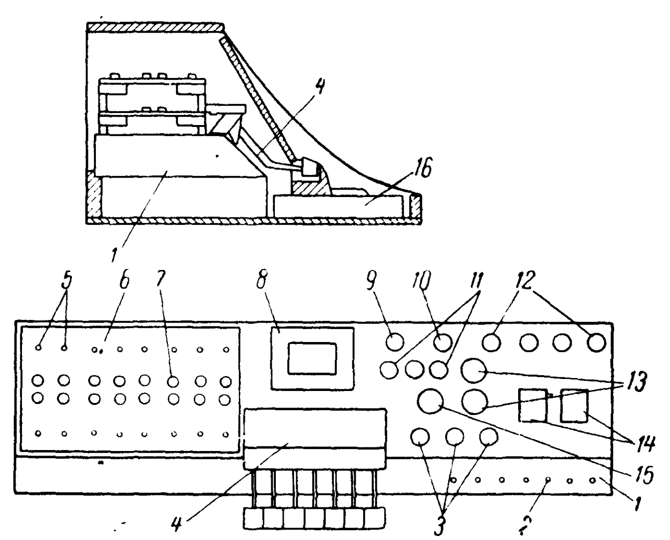


Рис. 31. Размещение деталей на шасси и конструкция ящика многоголосного электромузыкального инструмента.

1 — шасси; *2* — ручки настройки задающих генераторов; *3* — электролитические конденсаторы C_{39}, C_{40} и C_{41}; *4* — переключатель тембров; *5* — ручки настройки делителей частоты; *6* — плата с делителями частоты; *7* — неоновые лампы; *8* — силовой трансформатор; *9* — лампа электронного реле; *10* — лампа предварительного усилителя; *11* — электролитические конденсаторы C_1 и C_{42}; *12* — лампы задающих генераторов; *13* — стабилитроны; *14* — резонансные контуры темброблока; *15* — кенотрон; *16* — клавиатура.

2 *мм*), одна из которых помещается под шасси, а две другие — над шасси.

Для крепления конденсаторов делителей частоты в платах сверлят отверстия диаметром 3 *мм* (рис. 32). В эти отверстия вставляют выводы конденсаторов и с обратной стороны платы их загибают. Предварительно выводы обрезают так, чтобы для загиба остался конец длиной 5 *мм*. К этому концу припаивают монтажные провода и другие элементы схемы.

Для крепления неоновых ламп в платах сверлят отверстия точно по диаметру цоколя. Если неоновая лампа плотно вставлена в такое отверстие, то она там надежно удерживается трением. Такой способ крепления прост и не требует специальных держателей или патронов для неоновых ламп. Монтажные провода припаивают прямо к цоколю лампы. Пайку необходимо делать очень быстро, чтобы не испортить лампу.

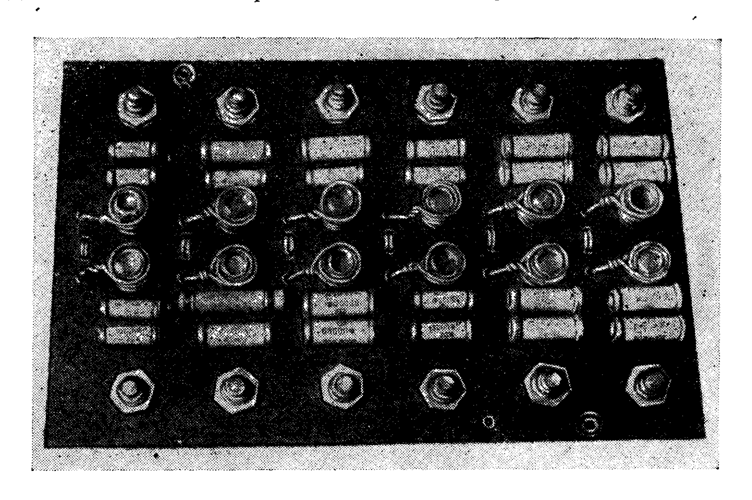


Рис. 32. Плата с делителями частоты.

Провода, идущие от делителей частоты к контактам клавиатуры, связывают вместе в один жгут. Специальной экранировки этот «кабель» не требует, так как провода, соединенные с контактами ненажатых клавиш, заземлены и являются своеобразным экраном для проводов, соединенных с нажатыми в данный момент клавишами.

Особое внимание следует уделить экранировке всех клавишных контактов и монтажа задающих генераторов. При отсутствии экранировки последних может появиться фон, в котором прослушиваются частоты всех задающих генераторов. Экран делают из жести толщиной 0,5 *мм*. Необходимо также тщательно экранировать провода, соединяющие аноды ламп задающих генераторов с элементами синхронизации первых делителей частоты.

Контуры задающих генераторов смонтированы на отдельной гетинаксовой пластине размером 140×100 *мм* и находятся над шасси. Переключатель тембров прикрепляется к шасси при помощи металлических стоек.

Конструкция клавиатуры показана на рис. 16.

Налаживание инструмента начинают с проверки режимов ламп. Затем производят регулировку задающих генераторов. Для этого переменное сопротивление R_9 задающего генератора устанавливают в среднее положение. Необходимая частота колебаний генератора устанавливается изменением индуктивности катушки контура L_3. Практически это осуществляется изменением толщины набора сердечника. Частоту колебаний генератора устанавливают на слух, подключая головные телефоны через конденсатор емкостью 50—100 *пф* к аноду лампы задающего генератора. Генератор вибрато при этом должен быть выключен. Настройку лучше всего произвести под хорошо настроенное фортепиано.

Затем надо настроить делители частоты. Сначала настраивают делитель на лампе $НЛ_1$ при помощи переменного сопротивления R_{23} при включенной цепи синхронизации. Частота колебаний этого делителя должна быть на октаву ниже частоты задающего генератора, что легко заметить на слух. Устойчивое деление частоты будет наблюдаться при изменении сопротивления R_{23} в некоторых пределах. При дальнейшем повороте ручки этого сопротивления происходит срыв синхронизации и звук становится дребезжащим. Движок сопротивления устанавливают в середине области устойчивого деления.

Делители частоты на лампах $НЛ_{13}$, $НЛ_{25}$ и $НЛ_{37}$ настраивают таким же образом на соответствующие этим тонам частоты.

Делитель частоты на лампе $НЛ_8$ настраивают на частоту в 3 раза ниже частоты задающего генератора, а делители на лампах $НЛ_{20}$, $НЛ_{32}$, $НЛ_{44}$ — на частоты в 2 раза ниже частоты предыдущего делителя частоты.

Следует обратить внимание на то, что все указанные на схеме значения емкостей конденсаторов C_{13}, C_{15}, C_{17} . . . C_{27} в схемах делителей частоты сильно зависят от многих факторов. Поэтому необходимо сначала при-

обрести неоновые лампы и собрать один опытный делитель частоты по схеме, приведенной на рис. 6. Подключая конденсаторы C различной емкости и изменяя величину сопротивления R от минимального и максимального значения, находят диапазоны частот делителя для различных значений емкости C. Лишь после этого можно приобрести необходимые номиналы конденсаторов.

После того как задающие генераторы и делители частоты будут отрегулированы, можно приступить к налаживанию устройства для получения затухающего звука (лампы $Л_5$ и $Л_6$). Электронное реле особой регулировки не требует. Оно должно срабатывать при нажатии любой из клавишей. Необходимо отрегулировать только каскад для получения затухающего звука. Регулировка его заключается в получении плавно затухающего звука путем изменения сопротивления R_{47}. При слишком большой величине этого сопротивления звук не затухает полностью, а при слишком малом значении он резко обрывается.

Последним регулируется генератор вибрато. Его регулировка заключается в получении необходимой частоты (5—7 *гц*) и амплитуды выходного напряжения. Для увеличения или уменьшения частоты генератора необходимо соответственно уменьшить или увеличить сопротивление R_5. Амплитуду выходного напряжения генератора подбирают изменением величины сопротивления R_7. Глубина вибрато устанавливается по вкусу конструктора.

Описанный здесь электромузыкальный инструмент на неоновых лампах использовался в эстрадном оркестре для исполнения джазовых произведений. Практика показала, что имеющихся в инструменте тембров вполне достаточно для этих целей.

В процессе эксплуатации инструмента при изменении температуры и влажности воздуха возможно нарушение синхронизации некоторых делителей частоты. Устойчивое деление восстанавливается регулировкой переменного сопротивления в цепи соответствующего делителя частоты. Поэтому при конструировании такого инструмента необходимо предусмотреть легкий доступ к органам регулировки делителей частоты.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ЭЛЕКТРООРГАН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАВИАТУРЫ ПИАНИНО

Инструмент собран по блок-схеме с 12 задающими генераторами. Он охватывает диапазон от «до диез» контроктавы до «до» четвертой октавы и имеет 32 комбинации различных звучаний. В инструменте имеются 44 двойных триода. Из них 43 триода типа 6Н3П и один типа 6Н2П.

На приведенной схеме инструмента (рис. 33) показаны 1 из 12 задающих генераторов, синхронизируемые от него делители частоты на 6 октав, генератор вибрато, предварительный усилитель и темброблок. Остальные 11 задающих генераторов и 30 делителей частоты выполнены по такой же схеме и поэтому на рис. 33 не показаны. Значения емкостей и сопротивлений для них приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тон	Делители частоты						Задающие генераторы	
	R_9, *Мом*	R_{13}, *Мом*	R_{16}, *Мом*	R_{19}, *Мом*	R_{22}, *Мом*	R_{25}, *Мом*	C_5, *мкф*	C_3, *пф*
До	1,5	0,95	1,6	1,2	0,9	1	0,02	1 000
Си	1,6	1	1,7	1,3	0,95	1,1	0,02	1 000
Си бемоль . . .	1,7	1,15	1,8	1,4	1	1,2	0,02	1 000
Ля	1,8	1,2	1,9	1,5	1,05	1,3	0,02	1 000
Ля бемоль . .	1,9	1,3	2	1,55	1,1	1,4	0,03	1 500
Соль	2	1,4	2,1	1,6	1,15	1,5	0,03	1 500
Ре диез	2,1	1,5	2,2	1,7	1,2	1,7	0,03	1 500
Фа	2,2	1,6	2,3	1,8	1,25	1,9	0,03	1 500
Ми	2,3	1,7	2,4	1,9	1,35	2,1	0,04	1 500
Ми бемоль . .	2,4	1,75	2,5	1,95	1,5	2,3	0,04	1 700
Ре	2,55	1,8	2,6	2	1,6	2,5	0,04	2 000
До диез . . .	2,7	1,9	2,7	2,1	1,7	2,7	0,04	2 000

Примечания: 1. Значения емкостей C_1, C_2, C_4 и сопротивлений R_1, R_2 одинаковы для всех задающих генераторов.

2. Значения сопротивлений R_{11}, R_{14} и т. д. для всех делителей частоты одинаковы.

3. Все делители частоты одной октавы имеют значения емкостей, указанные на схеме.

Задающий генератор собран на триоде $Л_{1а}$ лампы типа 6Н3П по схеме с трансформаторной обратной связью.

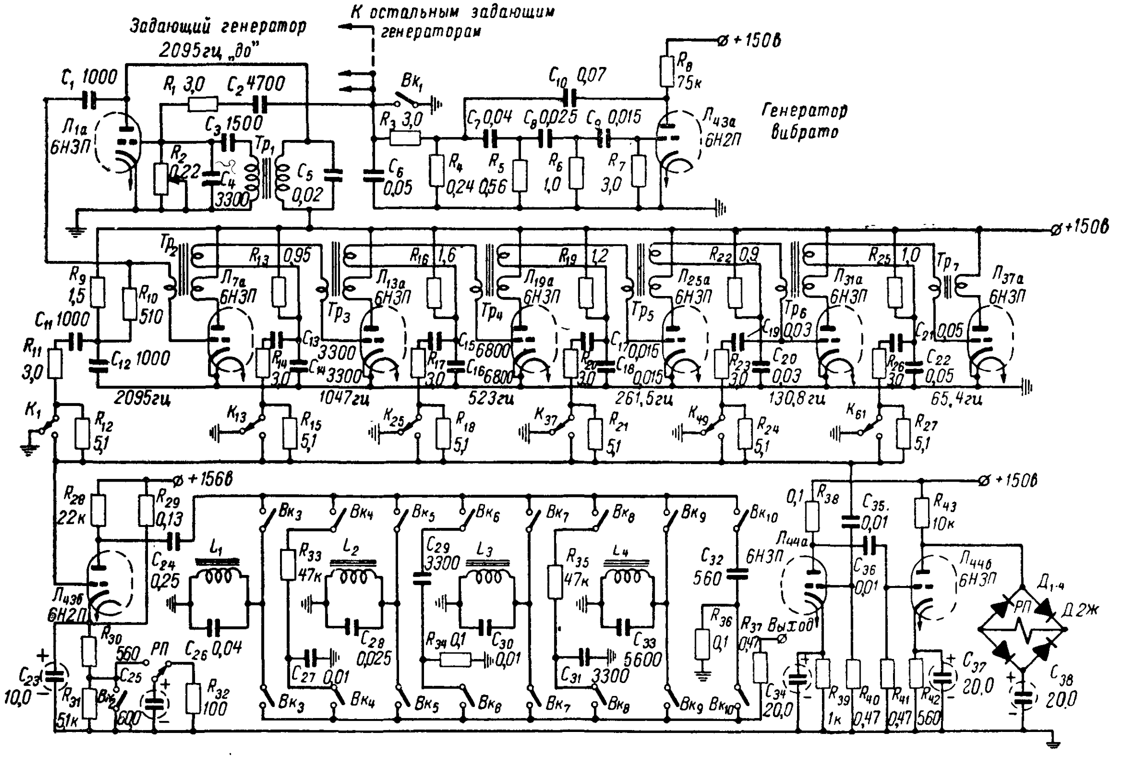


Рис. 33. Схема многоголосного электромузыкального инструмента с блокинг-генераторами.

Частота генератора в некоторых пределах может быть изменена при помощи переменного сопротивления R_2, к которому необходимо обеспечить удобный доступ для настройки инструмента. Трансформатор $Тр_1$ выполнен на сердечнике из трансформаторных пластин Ш-9, толщина пакета 9 *мм*. Анодная обмотка имеет 1 000, а сеточная — 300 витков провода ПЭЛ 0,12.

Синхронизирующее напряжение с анода лампы задающего генератора через конденсатор C_1 поступает в сеточную цепь лампы $Л_{7а}$ первого делителя частоты. Делители частоты представляют собой блокинг-генераторы. Коэффициент деления всех делителей равен 2, кроме первого, коэффициент деления которого равен 1. Обмотки трансформаторов $Тр_2$ — $Тр_7$ блокинг-генераторов намотаны на ферритовых кольцах марки Ф-600, имеющих наружный диаметр 9 *мм*, проводом ПШД 0,08. Анодная и сеточная обмотки содержат по 50, а обмотка синхронизации — 10 витков. Пилообразное напряжение через цепочки $R_{11} C_{11}$, $R_{14} C_{13}$ и т. д. подается на контактную систему клавиатуры, работа которой была описана в предыдущей главе.

Схемы предварительного усилителя, электронного реле и генератора вибрато аналогичны схемам многоголосного электромузыкального инструмента на неоновых лампах, за исключением того, что в электронном реле для выпрямления переменной составляющей анодного тока применен мостик из диодов $Д_{1-4}$.

Темброблок имеет формантные цепи $L_1 C_{26}$, $L_2 C_{28}$, $L_3 C_{30}$ и $L_4 C_{33}$ с резонансными частотами соответственно 500, 1 000, 1 500 и 2 000 *гц* и цепи $R_{33} C_{27}$, $R_{34} C_{29}$, $R_{35} C_{31}$ и $R_{36} C_{32}$. Катушки формантных контуров намотаны на пермаллоевых сердечниках Ш-9 и имеют соответственно 2 000, 1 500, 1 500 и 1 000 витков провода ПЭЛ 0,15. Все формантные контуры, цепи $R_{33} C_{27}$, $R_{34} C_{29}$, $R_{35} C_{31}$, $R_{36} C_{32}$ и переключатель помещены в магнитный экран из стали толщиной 0,5 *мм*.

Включение того или иного тембра производится при помощи восьми отдельных кнопочных переключателей от телефонной аппаратуры на два фиксированных положения. Регулирование громкости осуществляется нажатием ножной педали пианино. При нажатии педали натягивается тросик, намотанный на оси потенциометра. Возврат тросика производится при помощи пружины.

Для питания электромузыкального инструмента служит выпрямитель, схема и описание которого были даны при описании двухканального усилителя в гл. 6. Так как один стабилитрон не может обеспечить стабилизацию напряжения для анодных цепей всех ламп, то лампы разделены на две равные группы, каждая из которых имеет свой отдельный стабилитрон и выпрямитель.

Конструктивно инструмент состоит из двух основных узлов: контактной системы клавиатуры и блока за-

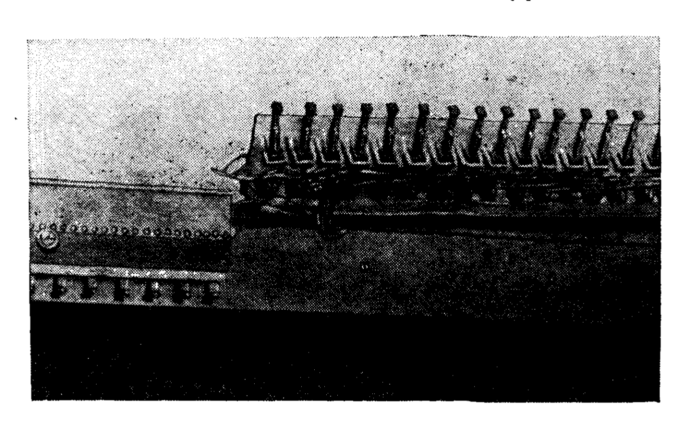


Рис. 34. Общий вид коитактной системы клавиатуры.

дающих генераторов с делителями частоты, темброблоком и блоком получения затухающего звука (не считая выпрямителя и усилителя низкой частоты).

В контактной системе инструмента, фотография и разрез которой даны на рис. 34 и 35, используются готовые контакты. Сначала контакты закрепляют при помощи скоб на алюминиевой коробке *2*, которая затем крепится к деревянному бруску *1* шурупами *7* и винтами *6*. Здесь же в коробке смонтированы сопротивления *4* (R_{12}, R_{15} и т. д.). Длина бруска *1* равна полной длине клавиатуры пианино.

Контактная система крепится к боковым стенкам пианино так, чтобы было возможно менять ее положение относительно клавишей, т. е. можно было регулировать зазор между контактами и клавишами (рис. 36). Для этого в металлической скобе *1* сделан дугообраз-

ный вырез, в который входит стержень *2* с резьбой. Через круглое отверстие в скобе проходит стержень *3*, относительно которого скоба *1*, а вместе с ней и вся контактная система может поворачиваться в некоторых пределах. Стержни *2* и *3* укреплены на металлической пластине *5*, которая привинчена шурупами к боковой стенке пианино. Фиксация положения контактной системы производится при помощи барашка *4*. Аналогичным образом контактная система крепится к другой боковой стенке пианино.

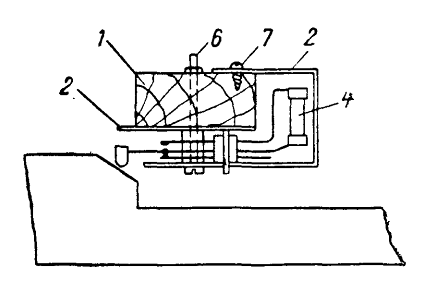


Рис. 35. Разрез контактной системы клавиатуры.

Контакты устанавливают над соответствующей клавишей так, чтобы при нажатии последней происходило переключение контактов. Чтобы при нажатии клавишей не прослушивался звук пианино, необходимо включить модератор или отрегулировать педаль модерато так, чтобы при крайнем ее положении звук пианино почти не был слышен.

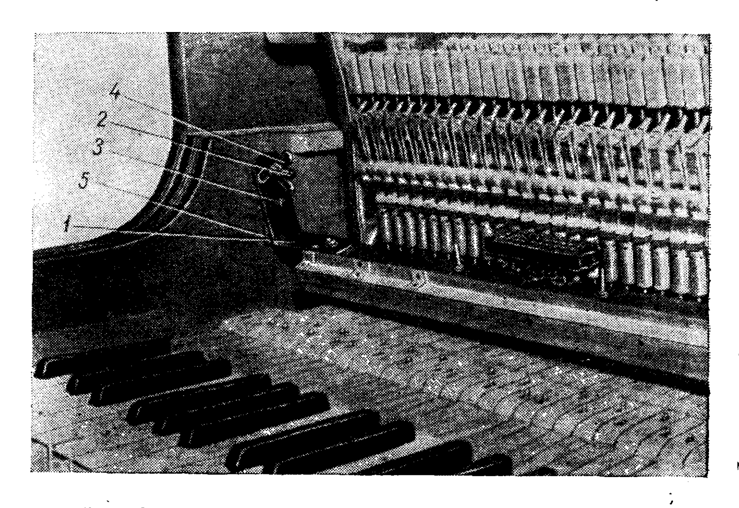


Рис. 36. Крепление контактной системы к клавиатуре

Контактная система соединяется с блоком задающих генераторов и делителей частоты посредством трех экранизированных кабелей по 25 жил в каждом. Для подключения этих кабелей к контактной системе клавиатуры имеются три соединительные колодки на 30 проводов. Эти колодки крепятся к деревянному бруску *1*, изображенному на рис. 34, и располагаются так, что к каждой из них подходят по 25 проводов от близлежащих контактов. Соединительные кабели на 25 жил получают путем втягивания одножильных монтажных проводов в экранирующую оплетку. Длина соединительных кабелей зависит от местоположения блока делителей частоты.

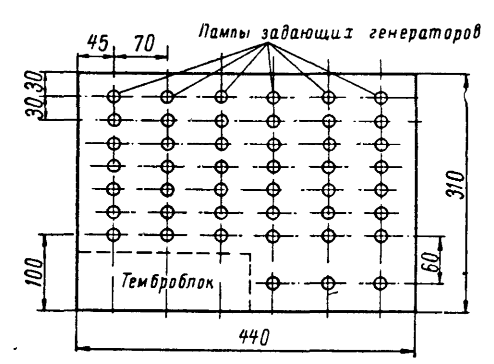


Рис. 37. Разметка шасси.

Задающие генераторы, делители частоты, блок получения затухающего звука и темброблок смонтированы на алюминиевом шасси размерами 440×310×70 *мм* (рис. 37).

Трансформаторы блокинг-генераторов укрепляют на пластинах *1* (рис. 38) из органического стекла толщиной 5 и шириной 20 *мм*. В пластинах на $^2/_3$ их толщины высверливают углубления диаметром 12 *мм*. В эти углубления вставляют трансформаторы и заливают их расплавленным парафином. Это позволяет прочно укрепить трансформаторы на пластинах и предохранить их от влаги. Концы обмоток трансформаторов, конденсаторы C_{11}, C_{13}, C_{15}. . ., C_{12}, C_{14}, C_{16}. . ., сопротивления R_{11}, R_{14}, R_{17}. . ., R_9, R_{13}, R_{16}. . . припаивают к контактным штырькам *3*. Эти штырьки представляют собой кусочки луженого провода толщиной 0,5 *мм*, вдавлен-

ные при помощи горячего паяльника в пластины *1*.

С целью уменьшения взаимного влияния блокинг-генераторов устанавливается металлический экран из жести толщиной 0,5 *мм*. Экран состоит из продольного уголка *4* и поперечных пластин *5*. Уголок *4* крепят к шасси винтами, а пластины *5* припаивают к уголку. Для лучшей экранировки поперечные пластины *5* входят в пропилы на $^{2}/_{3}$ толщины пластины *1* (см. вид *А* на рис. 38).

При указанном способе крепления трансформаторов блокинг-генераторов значительно облегчается монтаж делителей частоты, так как перед прикреплением пластин *1* к шасси на них можно распаять концы обмоток трансформаторов, конденсаторы и сопротивления.

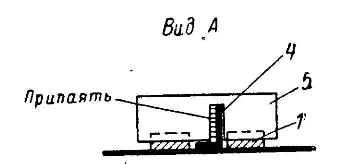


Рис. 38. Крепление и экранировка трансформаторов блокинг-генераторов.

В некоторых случаях задающие генераторы также необходимо экранировать от остальной части схемы при помощи металлического экрана.

Налаживание инструмента начинают с задающих генераторов. Потенциометры R_2 устанавливают в среднее положение. Если генератор при этом не возбуждается, то нужно переключить выводы одной из обмоток его трансформатора. Необходимую частоту генерации устанавливают подбором емкости конденсатора C_5. Конденсатор C_4 улучшает форму кривой напряжения задающего генератора. Настройку генератора на соответствующую частоту необходимо производить при вынутой лампе первого делителя частоты.

Методика и последовательность настройки делите-

лей частоты на блокинг-генераторах были подробно изложены в гл. 3. Необходимо учесть, что указанные в табл. 2 величины сопротивлений получены путем их подбора при налаживании данного инструмента. В каждом конкретном случае их необходимо подобрать. Величины некоторых сопротивлений не соответствуют стандартным номинальным значениям. Такие сопротивления составлены из нескольких (обычно не более 2) штук.

Налаживание остальных узлов инструмента производится так же, как и у переносного электромузыкального инструмента на неоновых лампах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По мнению авторов, усовершенствование любительских конструкций многоголосных электромузыкальных инструментов должно идти в следующих основных направлениях:

1. Применение нескольких клавиатур, что значительно расширяет исполнительские возможности, так как позволяет выделить мелодию из аккомпанемента как по громкости, так и по тембру.

2. Использование полупроводниковых элементов вместо электронных ламп, что позволяет значительно уменьшить размеры и вес инструмента, повысить надежность его работы, уменьшить расход электроэнергии и упростить конструкцию выпрямителя.

3. Одной из наиболее серьезных современных проблем конструирования многоголосных электромузыкальных инструментов является ручное (пальцевое) управление громкостью. Такое управление громкостью необходимо для выразительного и художественного исполнения музыкальных произведений.

4. Применение искусственной реверберации, что дает возможность получить наилучшее звучание электромузыкального инструмента в любом помещении.

Помимо перечисленных проблем, есть еще много других ожидающих своего решения задач по усовершенствованию электромузыкальных инструментов.

Цена 15 коп.

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Вышли из печати следующие выпуски:

А. А. Корнеев и А. Н. Корнеев, Адаптеризованная гитара, 24 стр., тираж 28 000 экз., ц. 5 коп., вып. 390.

Е. К. Сонин, Портативный магнитофон на транзисторах, 32 стр., тираж 80 000 экз., ц. 7 коп., вып. 392.

Ю. Д. Пахомов, Зарубежные магнитофоны, 168 стр., тираж 45 000 экз., ц. 36 коп., вып. 393.

Справочник радиолюбителя под общей ред. А. А. Куликовского, изд. 3-е, дополнен. и переработ. 500 стр. (большой формат), тираж 200 000 экз. (1-й завод 40 000 экз.), ц. 3 р. 27 к., вып. 394.

В. Ф. Самойлов, Синхронизация генераторов телевизионной развертки, 96 стр., тираж 65 000 экз., ц. 19 коп., вып. 395.

А. Я. Глиберман и А. К. Зайцева, Кремниевые солнечные батареи, 72 стр., тираж 35 000 экз., ц. 15 коп., вып. 396.

Е. М. Мартынов, Бесконтактные переключающие устройства, изд. 2-е, дополненное, 176 стр., тираж 50 000 экз., ц. 38 коп., вып. 397.

А. Г. Дольник, Громкоговорители (изд. 3-е, переработ. и дополн.), 88 стр., тираж 55 000 экз. (1-й завод 10 000 экз.), ц. 20 коп., вып. 401.

Л. В. Федоров, Телевизионная аппаратура на ВДНХ, 80 стр., тираж 40 000 экз., ц. 17 коп., вып. 403.

Я. М. Сорин, Надежность радиоэлектронной аппаратуры, 72 стр., тираж 46 000 экз., ц. 16 коп., вып. 406.

С. А. Ельяшкевич, Устранение неисправностей в телевизоре, 208 стр., тираж 95 000 экз. (2-й завод), ц. 43 коп., вып. 387.

Печатаются

Справочник начинающего радиолюбителя, под ред. Р. М. Малинина, 48 л., тираж 40 000 экз. (1-й завод).

Г. П. Самойлов, Уход за телевизором.

М. Д. Ганзбург, Улучшение звучания приемника.

С. В. Литвинов, Радиоаппаратура на ВДНХ.

Госэнергоиздат заказов на книги не принимает и книг не высылает. Книги, выходящие массовым тиражом, высылают наложенным платежом без задатка отделения «Книга-почтой».

Заказы можно направлять: г. Москва, В-218, 5-я Черемушкинская ул., 14, Книжный магазин № 93 «Книга-почтой».

Рекомендуем заказывать литературу только по плану текущего года. Книги Массовой радиобиблиотеки расходятся очень быстро, и поэтому выпуски прошлых лет давно уже все распроданы.

Высылку книг наложенным платежом производит также магазин технической книги № 8 «Книга-почтой», Москва, Петровка, 15.